

การจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ
ร่วมกับแนวทางเทคโนโลยีสะอาด



นายพงศ์พัฒน์ สุขเกษม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

**INDUSTRIAL AIR QUALITY MANAGEMENT USING
AIR QUALITY MODELS WITH CLEAN TECHNOLOGY
APPROACH**

Pongpat Sukkasem



**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering**


Suranaree University of Technology

Academic Year 2015

การจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ
ร่วมกับแนวทางเทคโนโลยีสะอาด

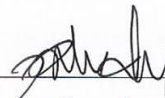
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



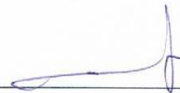
(อ. ดร.อภิชน วัชรนทร์วงศ์)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.สุจิต คุรุจิต)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(รศ. ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ)

กรรมการ



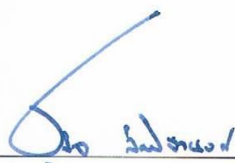
(อ. ดร.นัตถเพชร ชศพล)

กรรมการ



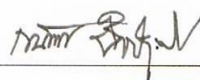
(ผศ. ดร.จริยา ยิ้มรัตน์บวร)

กรรมการ



(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม



(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

พงศ์พัฒน์ สุขเกษม : การจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานโดยใช้แบบจำลองคุณภาพ
อากาศร่วมกับแนวทางเทคโนโลยีสะอาด (INDUSTRIAL AIR QUALITY
MANAGEMENT USING AIR QUALITY MODELS WITH CLEAN TECHNOLOGY
APPROACH) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิต กระจิต, 178 หน้า.

โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางในประเทศไทย มีการปล่อยมลพิษอากาศซึ่ง
ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสร้างความรำคาญให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงาน
งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจัดการคุณภาพอากาศในเชิงรุก โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ
SCREEN3 และ AERMOD เป็นเครื่องมือสำหรับการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานแป้งมัน
สำปะหลังขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดสำหรับลดฝุ่น
ละอองที่พิจารณา คือ (1) สเปรย์น้ำลานกองวัตถุดิบ (2) สร้างกำแพงต้นไม้ (3) จัดรูปแบบการกอง
วัตถุดิบ (4) การใช้ไซโคลน และ (5) การใช้ถุงกรอง ซึ่งจากแบบจำลองพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่น
ละอองสูงสุดที่ระดับพื้นดินสามารถลดลงได้ 12% , 28% , 34% , 18% และ 18% ตามลำดับ ผล
การศึกษาดังกล่าวแสดงถึงศักยภาพของแนวทางที่ใช้ในการช่วยกระบวนการตัดสินใจของโรงงาน
อุตสาหกรรมได้

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

PONGPAT SUKKASEM : INDUSTRIAL AIR QUALITY MANAGEMENT
USING AIR QUALITY MODELS WITH CLEAN TECHNOLOGY
APPROACH. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUDJIT KARUCHIT,
Ph.D., 178 PP.

AIR QUALITY MODEL/CLEAN TECHNOLOGY/SCREEN3/AERMOD
/AIR QUALITY MANAGEMENT

Small- and medium-scaled factories in Thailand have occasionally been causing health or nuisance effects to the surrounded communities. This research presents a pro-active approach which used a freeware and a regulatory air quality model – SCREEN3 and AERMOD, respectively – as tools for air quality management of a small starch factory in Nakhon Ratchasima, Thailand. The clean technology options considered for dust reduction were (1) spraying water at the raw material yard (2) creating tree walls (3) aggregate stockpile configuration (4) use of cyclone and (5) use of bag filter. The model showed that the CT options could potentially reduce 12% , 28% , 34% , 18% and 18% , respectively, of the ground-level maximum concentration. Such findings illustrate the potential of this approach to assist in the decision-making process of the factory.

School of Environmental Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

Co-Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิต คุรุจิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและอาจารย์ ดร.วราวุธ เสือดี จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางอันเป็นประโยชน์ยังต้องงานวิจัย รวมถึงได้ช่วยตรวจทานและแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนมีความบริบูรณ์พร้อมทางด้านวิชาการ รวมทั้งอบรมสั่งสอนและแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จริยา ยิ้มรัตนบรร อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ ดร.อภิชน วัชรนทร์วงศ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ประจำสาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและความรู้ทางด้านวิชาการ อย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ บริษัท อุตสาหกรรมแบ่งโคราช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นพื้นที่ศึกษา และข้อมูลของโรงงานที่เป็นประโยชน์ต่อแก่ผู้วิจัยจนได้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเงินทุน ทางด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่งมาโดยตลอดจนได้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนารี กลิ่นกลาง ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาการจัดรูปแบบวิทยานิพนธ์ และคอยให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน รวมถึงมิตรสหายทั้งในอดีตและปัจจุบันที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความห่วงใย และคอยเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

พงศ์พัฒน์ สุขเกษม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ด
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
2 ปรัชสน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 มลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม	5
2.1.1 การจำแนกมลพิษทางอากาศโดยพิจารณาจากขนาดของผลกระทบ	5
2.1.2 ประเภทสารมลพิษอากาศ	6
2.1.3 ข้อมูลค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย	9
2.2 การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	9
2.2.1 ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ	10
2.2.2 วิธีการประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ	11
2.2.3 แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ	12
2.3 พื้นฐานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ	14
2.3.1 แบบจำลองแบบเกาส์เซียน (Gaussian)	15
2.3.2 การใช้งานแบบจำลองคุณภาพอากาศ	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4	แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3	19
2.4.1	หลักการทำงาน	19
2.4.2	ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	20
2.4.3	ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลอง	22
2.5	แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD	26
2.5.1	หลักการทำงาน	26
2.5.2	ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	27
2.5.3	ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลอง	34
2.6	เทคโนโลยีสะอาด	37
2.6.1	หลักการของเทคโนโลยีสะอาด	38
2.6.2	วิธีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาด	41
2.7	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
2.7.1	มลพิษอากาศ	45
2.7.2	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คุณภาพอากาศกับโรงงานอุตสาหกรรม	45
2.7.3	เทคโนโลยีสะอาด	50
3	วิธีดำเนินการวิจัย	51
3.1	ขั้นตอนการศึกษา	51
3.1.1	ขั้นตอนที่ (1) การติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษา	52
3.1.2	ขั้นตอนที่ (2) การรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชี รายการการปล่อยมลพิษอากาศ	52
3.1.3	ขั้นตอนที่ (3) การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ ขั้นคัดกรอง (SCREEN3)	54
3.1.4	ขั้นตอนที่ (4) การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ แบบสมบูรณ์ (AERMOD)	54
3.1.5	ขั้นตอนที่ (5) การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options)	54
3.1.6	ขั้นตอนที่ (6) การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น	55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4 ผลการศึกษา	56
4.1 การติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษา	56
4.2 การจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษอากาศ	61
4.2.1 บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	61
4.3 การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ	67
4.3.1 แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source)	67
4.3.2 แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source)	71
4.4 การประเมินเบื้องต้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศชั้นคัดกรอง (SCREEN3)	73
4.4.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน	75
4.4.2 ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน	75
4.4.3 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน	76
4.4.4 ความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน	77
4.5 การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบสมบูรณ (AERMOD)	78
4.5.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD	78
4.5.2 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศในสภาพปัจจุบัน	82
4.6 การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด	95
4.6.1 กระบวนการผลิตและแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ	95
4.6.2 ทางเลือกการจัดการมลพิษอากาศโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด	97
4.6.2.1 ทางเลือกการจัดการที่ลานกองวัตถุดิบ	98
4.6.2.2 ทางเลือกการจัดการที่ปล่องระบายอากาศ ในกระบวนการอบแป้ง	102
4.6.2.3 ทางเลือกการจัดการที่ปล่องระบายอากาศ เครื่องผลิตลมร้อน	105
4.6.3 การประเมินค่าการลงทุนทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด	111
4.6.3.1 ทางเลือกการจัดการที่ลานกองวัตถุดิบ	111
4.6.3.2 ทางเลือกการจัดการซัลเฟอร์ไดออกไซด์	112

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.7	การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือก.....	113
4.7.1	เกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือก.....	113
4.7.1.1	เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม.....	113
4.7.1.2	เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์.....	113
4.7.1.3	เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านเทคนิค.....	114
4.7.2	พิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้น.....	114
4.7.2.1	ลานกองวัตถุดิบ.....	114
4.7.2.2	ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง.....	115
4.7.2.3	ปล่องระบายอากาศเครื่องผลิตลมร้อน.....	115
4.8	การประเมินความเหมาะสมของการใช้แบบจำลอง.....	118
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	123
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	123
5.1.1	ผลการประเมินค่าความเข้มข้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3.....	123
5.1.1.1	ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง.....	123
5.1.1.2	ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	124
5.1.1.3	ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์.....	124
5.1.1.4	ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์.....	124
5.1.2	ผลการประเมินค่าความเข้มข้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD.....	125
5.1.2.1	ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง.....	125
5.1.2.2	ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	125
5.1.2.3	ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์.....	125
5.1.2.4	ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์.....	126
5.1.3	การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีและศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น.....	126
5.1.4	ผลการศึกษาความเหมาะสมการใช้งานแบบจำลอง.....	

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.4	ผลการศึกษาความเหมาะสมการใช้งานแบบจำลอง SCREEN3 กับ AERMOD.....	128
5.2	การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์.....	128
5.3	ปัญหาและอุปสรรค.....	129
5.4	ข้อเสนอแนะ.....	129
	รายการอ้างอิง.....	130
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก ข้อมูลผังมณีสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา.....	135
	ภาคผนวก ข รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมวิทยา.....	143
	ภาคผนวก ค ข้อมูลความเข้มข้นมลพิษอากาศจากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3.....	147
	ภาคผนวก ง การคำนวณค่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองของกระบวนการผลิต แป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนของการอบแป้ง.....	166
	ภาคผนวก จ บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา.....	168
	ประวัติผู้เขียน.....	178

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย.....9
2.2	ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากการเผาขยะโดยใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้.....14
2.3	ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบจำลองของ Pasquill-Gifford-Turner.....17
2.4	ข้อมูลปล่อยระบายอากาศของโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลแห่งหนึ่ง.....23
2.5	ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3 (ตัวเลข).....24
2.6	ค่า Albedo แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล.....31
2.7	ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่ไม่มีความชื้น.....32
2.8	ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่มีความชื้นปกติ.....32
2.9	ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล ในสภาวะที่มีความชื้นสูง.....33
2.10	ค่า Surface roughness length (เมตร) แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล.....33
2.11	ข้อมูลเบื้องต้นของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด.....35
4.1	รายชื่อโรงงานที่ได้ทำการคัดเลือกเบื้องต้น.....57
4.2	ข้อมูลอาคารและสิ่งก่อสร้าง.....60
4.3	บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงาน.....62
4.4	ข้อมูลตำแหน่งของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ.....63
4.5	ค่าการตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปล่อยระบายไอเสีย.....67
4.6	ค่าการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์จากปล่อยระบายไอเสีย.....67
4.7	ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองจากเครื่องผลิตความร้อน แยกตามชนิดเชื้อเพลิง.....68
4.8	ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในขั้นตอนของการอบแป้ง.....69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9 ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า แยกตามชนิดเชื้อเพลิง.....	70
4.10 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบพื้นที่.....	73
4.11 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด.....	73
4.12 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3.....	75
4.13 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3.....	76
4.14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3.....	77
4.15 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3.....	78
4.16 การจัดเรียงข้อมูลศูนย์มหาวิทยาลัยในพื้นที่ในรูปแบบ SCRAM format (ตัวอย่างข้อมูลวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2555).....	79
4.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง AERMOD.....	83
4.18 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง (AERMOD).....	86
4.19 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง (AERMOD).....	90
4.20 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง (AERMOD).....	93
4.21 ทางเลือกการจัดการมลพิษอากาศโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด.....	97
4.22 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองในกรณีแนวทางเลือกจัดการลานกองวัตถุดิบ.....	99
4.23 อัตราการลดฝุ่นละอองในกรณีแนวทางเลือกจัดการลานกองวัตถุดิบ.....	100
4.24 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในกรณีติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศ.....	102
4.25 อัตราการลดฝุ่นละอองในกรณีติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศ.....	103
4.26 ข้อมูลของเครื่องผลิตลมร้อน.....	106
4.27 ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรณีนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้.....	106
4.28 อัตราการลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้.....	109
4.29 ค่าการลงทุนและค่าการคืนทุนในกรณีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้.....	116
4.30 คะแนนความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือกเทคโนโลยี.....	117
4.31 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองจาก SCREEN3 กับ AERMOD.....	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.32 ผลการวิเคราะห์ Paired Sample T-test.....	120
4.33 ความต้องการข้อมูลนำเข้าและประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง.....	121
ข.1 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลดัชนีมหาวิทยาลัยในแบบ SCRAM format ข้อมูลวันที่ 1 เดือน มกราคม พ.ศ.2555.....	144
ข.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลดัชนีมหาวิทยาลัยในแบบ SCRAM format ข้อมูลวันที่ 31 เดือน ธันวาคม พ.ศ.2555.....	145
ค.1 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	148
ค.2 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	148
ค.3 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	149
ค.4 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	149
ค.5 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	150
ค.6 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	150
ค.7 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	151
ค.8 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	151
ค.9 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	152
ค.10 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.24 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	159
ค.25 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	160
ค.26 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	160
ค.27 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	161
ค.28 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	161
ค.29 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	162
ค.30 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	162
ค.31 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	163
ค.32 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	163
ค.33 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	153
ค.34 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1.....	164
ค.35 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2.....	164
ค.36 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3.....	165

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	การเปรียบเทียบวิธีการประมาณการปล่อยมลพิษในด้านความถูกต้องและราคา.....11
2.2	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวกแน Y (σ_y) ของ Passquill-Gifford.....18
2.3	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวกแน Z (σ_z) ของ Passquill-Gifford.....19
2.4	หลักการทำงานของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3.....20
2.5	ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3 (กราฟ).....25
2.6	รูปแบบการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD.....27
2.7	การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นแบบ SCRAM format.....29
2.8	การจัดเรียงข้อมูลอากาศชั้นบนแบบ FSL format.....30
2.9	แผนผังแสดงทิศทางและความเร็วลมที่ตรวจวัดได้ในปี 2550 ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมืองใหม่มาบตาพุด.....35
2.10	ค่าความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงรอบพื้นที่โครงการ.....36
2.11	ลำดับความสำคัญในการจัดการของเสีย.....38
2.12	หลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....39
2.13	เงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี.....40
3.1	ขั้นตอนการศึกษา.....51
3.2	ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ.....53
3.3	ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options).....54
4.1	ตำแหน่งของโรงงานที่คัดเลือกเบื้องต้น.....56
4.2	พื้นที่ศึกษา.....59
4.3	แผนผังของโรงงาน.....61
4.4	ตำแหน่งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ.....63
4.5	แหล่งกำเนิดอากาศแบบจุด.....65
4.6	แหล่งกำเนิดอากาศแบบพื้นที่.....66
4.7	ตำแหน่งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ.....74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 การจัดเรียงข้อมูลคุณสมบัติวิทยุชั้นบนในรูปแบบ	80
4.9 ระดับความสูงของพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา	81
4.10 อาคารสิ่งปลูกสร้างของโรงงานที่สร้างขึ้นในแบบจำลอง	82
4.11 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	84
4.12 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ปี	85
4.13 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	87
4.14 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	88
4.15 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ปี	89
4.16 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	91
4.17 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพค่าเฉลี่ย 1 ปี	92
4.18 ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	94
4.19 ผังกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	96
4.20 รูปแบบการจัดเรียงกองวัตถุดิบ	98
4.21 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	99
4.22 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี	100
4.23 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	101
4.24 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 1 ปี	101
4.25 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	102
4.26 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี	103
4.27 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	104
4.28 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 1 ปี	104
4.29 เครื่อง Economizer	105
4.30 ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	107
4.31 ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	107
4.32 ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 1 ปี	108
4.33 อัตราการลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	109

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34 อัตราการลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง.....	110
4.35 อัตราการลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 1 ปี.....	110
4.36 ค่าการลงทุนและประสิทธิภาพเทคโนโลยีลดฝุ่นละออง.....	111
4.37 ค่าการลงทุนและประสิทธิภาพเทคโนโลยีลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	112
4.38 การถดถอยเชิงเส้นค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองระหว่าง SCREEN3 กับ AERMOD.....	119
ก.1 พังลม เดือน มกราคม พ.ศ.2555.....	136
ก.2 พังลม เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555.....	136
ก.3 พังลม เดือน มีนาคม พ.ศ.2555.....	137
ก.4 พังลม เดือน เมษายน พ.ศ. 2555.....	137
ก.5 พังลม เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2555.....	138
ก.6 พังลม เดือน มิถุนายน พ.ศ.2555.....	138
ก.7 พังลม เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2555.....	139
ก.8 พังลม เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2555.....	139
ก.9 พังลม เดือน กันยายน พ.ศ.2555.....	140
ก.10 พังลม เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555.....	140
ก.11 พังลม เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2555.....	141
ก.12 พังลม เดือน ธันวาคม พ.ศ.2555.....	141
ก.13 พังลม ปี พ.ศ.2555.....	142
ข.1 การจัดเรียงข้อมูลอุณหภูมิตามทิศทางลมในรูปแบบ SCRAM format.....	146

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CT Options	=	ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด
SCREEN3	=	แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3
AERMOD	=	แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD
U.S.EPA	=	สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา
TSP	=	ฝุ่นละออง
SO ₂	=	ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
NO ₂	=	ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์
H ₂ S	=	ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์
CO ₂	=	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
CO	=	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
VOC	=	สารอินทรีย์ระเหยง่าย
O ₃	=	ก๊าซโอโซน
Pb	=	ตะกั่ว
EFs	=	ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission Factors)
CEM	=	การตรวจวัดมลพิษอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring)
WHO	=	องค์การอนามัยโลก (World Health Organization)
Kg	=	หน่วยกิโลกรัม
Mg	=	หน่วยเมกะกรัม
mg	=	หน่วยมิลลิกรัม
lb	=	หน่วยปอนด์
ton	=	หน่วยตัน
g/s	=	หน่วยกรัมต่อวินาที
(ug/m ³)	=	หน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
R ²	=	ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (The Coefficient of determination)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

โรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญหลายประเภท ทั้งฝุ่นละออง และก๊าซมลพิษ ปัญหามลพิษอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมส่งผลกระทบในวงกว้างตั้งแต่ระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ โดยผลกระทบสำคัญที่มักได้รับการพิจารณาเป็นอันดับแรก คือ ผลกระทบด้านสุขภาพอนามัยของประชาชน อันได้แก่ การเกิดโรคทางเดินหายใจ การลดลงของประสิทธิภาพการทำงานของปอด การเพิ่มขึ้นของอัตราการเข้ารักษาโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคหัวใจ สถิติการเสียชีวิตด้วยโรคปอดและหัวใจ และการเกิดโรคมะเร็ง มลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน โดยเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งโรคความดันโลหิตสูง หรือทำให้ผู้ที่เปราะบางอยู่แล้วมีอาการกำเริบเฉียบพลันถึงเสียชีวิตได้ สารมลพิษทางอากาศบางชนิด เช่น สารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นสารก่อมะเร็ง จากสถิติสุขภาพของประชากรไทย ปี 2541 – 2556 พบว่ากลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมทั้งความดันโลหิตสูงมีจำนวนผู้ป่วยที่มากกว่ากลุ่มโรคอื่น แนวโน้ม 5 ปีที่ผ่านมาเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 ต่อปี จำนวนผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจเพิ่มขึ้นจากปี 2555 ร้อยละ 8 อัตราการเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งในปี 2556 เพิ่มขึ้นจากปี 2555 ร้อยละ 6(กรมควบคุมมลพิษ, 2558) นอกจากนี้ผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตประชาชนก็ได้รับการพิจารณาให้มีความสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน โดยผลกระทบหลัก ได้แก่ ความเดือดร้อนรำคาญจากกลิ่นเหม็น ฝุ่นละอองที่ทำให้บ้านเรือนและสิ่งของเครื่องใช้สกปรก รวมถึงความเครียด การบริโภคอาหารที่เป็นอันตรายและพฤติกรรมส่วนตัว เช่น การสูบบุหรี่ การขาดการออกกำลังกาย ความกังวลจากความรู้สึกไม่ปลอดภัย และความวิตกกังวลต่อผลกระทบต่อสุขภาพของตนเองและครอบครัว (กรมควบคุมมลพิษ, 2558)

การจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมของประเทศไทยมักให้ความสำคัญกับการควบคุมมลพิษที่ระบายออกทางปล่องโดยใช้เครื่องควบคุมและการเฝ้าระวังระดับมลพิษอากาศในพื้นที่ใกล้เคียงโดยการตรวจวัดเป็นครั้งคราว ซึ่งทั้งสองแนวทางจัดเป็นการจัดการเชิงรับคือรักษาระดับการปล่อยมลพิษให้คงที่และตรวจสอบความผิดปกติเท่านั้น การพัฒนาการจัดการคุณภาพอากาศสามารถทำได้ในเชิงรุกได้โดยการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศเป็นเครื่องมือ

และการนำหลักการของเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ร่วมกัน เทคโนโลยีสะอาดเป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการในลักษณะของการป้องกันมลพิษที่มีการประยุกต์และผสมผสานกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมของภาคการผลิตให้มีการป้องกันหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม ตัวอย่างหนึ่งของการดำเนินการได้แก่งานของ โสภะ ชินเวชกิจวานิชย์ (2553) ซึ่งทำการศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการระบายมลพิษทางอากาศจากปล่องและขนาดของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพโดยใช้แบบจำลอง SCREEN3 โดยทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบายซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากการทดสอบเปลี่ยนค่าต่างๆ ที่ป้อนให้กับแบบจำลองดังต่อไปนี้ 1) แปรค่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 2) แปรค่าความสูงปล่อง 3) แปรค่าความเร็วก๊าซที่ระบาย 4) แปรค่าอุณหภูมิก๊าซที่ออกจากปล่อง 5) แปรค่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกปล่อง ซึ่งหากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นเสมือนผลของการปรับปรุงการดำเนินการตามทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด จะเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคโนโลยีสะอาดในการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่งานของดวงพร ทองประเสริฐ (2548) ศึกษาการประเมินขีดความสามารถในการรองรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับแหล่งกำเนิดใหม่ ในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยใช้แบบจำลอง ISCST ช่วยในการกำหนดอัตราการปล่อยมลพิษของแหล่งกำเนิดใหม่ที่มีความสูงปล่องต่างกัน เพื่อให้ระดับมลพิษไม่เกินขีดความสามารถในการรองรับของนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง

ตัวอย่างข้างต้นแสดงให้เห็นศักยภาพของการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองร่วมกับเทคโนโลยีสะอาดเพื่อการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม แบบจำลองคุณภาพอากาศที่ใช้ศึกษาปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันป้องกันสิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United State Environmental Protection Agency, US.EPA) ซึ่งอาจแยกประเภทแบบจำลองได้เป็น 2 ระดับ คือ ระดับคัดกรองและระดับละเอียด โดยแบบแรกเป็นแบบจำลองสำหรับวัตถุประสงค์ด้านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น สามารถใช้งานโดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญและต้องการข้อมูลนำเข้าน้อย ตัวอย่างแบบจำลองประเภทคัดกรอง ได้แก่แบบจำลอง SCREEN3 ในส่วนของแบบจำลองขั้นละเอียด สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) กำหนดให้ใช้แบบจำลอง AERMOD สำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการใช้งานและต้องการข้อมูลนำเข้ามากกว่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำให้นำแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางด้านการทำนายคุณภาพอากาศทั้งสองแบบมาประยุกต์ใช้กับหลักการของเทคโนโลยีสะอาดเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมโดยมีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะ

ทำการศึกษา รวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ ประเมินเบื้องต้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศขั้นคัดกรองโดยแบบจำลอง SCREEN3 ทำการประเมินละเอียดด้วยแบบจำลอง AERMOD ทำการวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) ทำการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น และสุดท้ายทำการสรุปผลการวิจัย โดยผลจากงานวิจัยนี้จะทำให้ได้แนวทางสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในการจัดการปัญหามลพิษอากาศได้อย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศร่วมกับแนวทางเทคโนโลยีสะอาด

1.2.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ 2 แบบ คือแบบจำลอง SCREEN3 และแบบจำลอง AERMOD ในการใช้งานกับโรงงานอุตสาหกรรม

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 โรงงานที่ทำการศึกษาได้จากการติดต่อและคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาที่มีความพร้อมในการเข้าร่วมในการศึกษา คือ บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด

1.3.2 แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่ศึกษาครอบคลุมกระบวนการผลิตของโรงงาน กิจกรรมในพื้นที่โรงงาน และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโรงงานทั้งหมด ซึ่งรวมถึงการปล่อยมลพิษแบบไม่มีจุดที่เฉพาะเจาะจง (Fugitive Emission)

1.3.3 แบบจำลองคุณภาพอากาศที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่

1) แบบจำลอง SCREEN3 รุ่น 3.5.0 จาก Lakes Environmental Software โดยเป็นแบบจำลองที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในใช้งาน

2) แบบจำลอง AERMOD ซึ่งพัฒนาโดย U.S.EPA รุ่น 8.1.0 จาก Lakes Environmental Software โดยเป็นแบบจำลองที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในใช้งาน ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีมีลิขสิทธิ์

1.3.4 มลพิษทางอากาศที่ทำการศึกษาเลือกมลพิษอากาศที่สำคัญของแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม 4 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละออง (TSP) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

1.3.5 ข้อมูลคุณภาพอากาศใช้ข้อมูลทุติยภูมิ โดยมีข้อมูลหลักดังนี้

1) ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของมลพิษที่ระบายออกทางปล่องของโรงงาน

2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา สำหรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบนใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศของจังหวัดอุบลราชธานีซึ่งเป็นสถานีที่มีความใกล้เคียงของลักษณะภูมิประเทศกับจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากที่สถานีตรวจวัดอากาศจังหวัดนครราชสีมาไม่มีการตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน

3) ข้อมูลปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศ (Emission Factor) อ้างอิงจากฐานข้อมูลของ องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (Environmental Protection Agency -EPA) National Pollutant Inventory ของประเทศออสเตรเลียและเอกสารงานวิจัยอื่นๆ เป็นต้น



บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม

มลพิษอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง ๆ อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสียที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหยของก๊าซบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสีย เป็นต้น (กรมอนามัย, 2542)

ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ แหล่งกำเนิดสารมลพิษทางอากาศ (Emission Source) บรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบ (Receptor) นอกจากส่วนประกอบของภาวะมลพิษทางอากาศดังกล่าวแล้ว สภาพทางอุตุนิยมวิทยา (Meteorology) จะเป็นสถานะสำคัญในการกำหนดชนิดและปริมาณหรือความเข้มข้นของสารมลพิษที่เจือปนอยู่ในอากาศ ซึ่งมีผลกับคุณภาพอากาศในแต่ละพื้นที่และลักษณะความรุนแรงของผลเสียที่เกิดขึ้น

2.1.1 การจำแนกมลพิษทางอากาศโดยพิจารณาจากขนาดของผลกระทบ

การจำแนกมลพิษทางอากาศโดยพิจารณาจากขนาดของผลกระทบ สามารถแบ่งได้เป็น

1) มลพิษทางอากาศระดับท้องถิ่น (Local Scale Air Pollution) จะเป็นมลพิษที่มีผลกระทบเมื่อถูกปล่อยออกมาหรือทำปฏิกิริยาในอากาศในระยะเวลาอันสั้น และครอบคลุมรัศมีไม่กว้างมาก โดยทั่วไปประมาณไม่เกินหลายสิบกิโลเมตร ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดต่อชุมชน โดยมากมักเกิดจากมลพิษในระดับนี้ เช่น ปัญหากลิ่น ปัญหาควันหรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งใดแห่งหนึ่ง ปัญหามลพิษทางอากาศในเมือง (Urban Air Pollution) เป็นต้น

2) มลพิษทางอากาศระดับภูมิภาค (Regional Scale Air Pollution) จะเป็นมลพิษที่มีผลกระทบในวงกว้างรัศมีอาจถึงหลายร้อยกิโลเมตร แหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศประเภทนี้จะมีขนาดใหญ่มาก หรือ ปริมาณแหล่งกำเนิดของมลพิษจะมีความหนาแน่นสูง กระจุกตัวอยู่ในบริเวณเดียวกัน และส่งผลกระทบต่อผู้รับโดยการแพร่กระจายไปในบรรยากาศเป็นระยะทางไกล

ตัวอย่างของปัญหาจากมลพิษทางอากาศชนิดนี้ได้แก่ ปัญหาคุณภาพอากาศของเมืองที่อยู่ทางด้านใต้ของลุ่มเมืองอุตสาหกรรมหลัก

3) มลพิษทางอากาศระดับภาคพื้นทวีป (Hemispherical Scale Air Pollution) จะเป็นมลพิษที่มีผลกระทบในวงกว้างรัศมีหลายพันกิโลเมตร แต่ความรุนแรงมักจะไม่นานเท่ามลพิษทางอากาศระดับท้องถิ่นและระดับภูมิภาค แหล่งกำเนิดของมลพิษประเภทนี้อาจเป็นแหล่งเดียวกับมลพิษทางอากาศระดับภูมิภาค แต่ด้วยสภาพอากาศที่มีช่วยเสริมจะทำให้แพร่กระจายไปในระยะทางไกล รวมไปถึงเกิดจากสารมลพิษที่ถูกปล่อยไปในอากาศมีอายุยาวนานพอที่จะคงสภาพในอากาศได้เป็นเวลานาน ปัจจุบัน ปัญหามลพิษทางอากาศระดับภาคพื้นทวีป เริ่มกลายเป็นปัญหาหลักระดับโลกที่นานาชาติตื่นตัว เนื่องจากผลกระทบเกิดในวงกว้าง (Akimoto, 2003) และส่วนมากประเทศที่ได้รับผลกระทบจะไม่ใช่ประเทศที่ทำให้เกิดปัญหา ตัวอย่างของปัญหามลพิษทางอากาศระดับภาคพื้นทวีปที่เกิดโดยสาเหตุทางธรรมชาติได้แก่ ปัญหาการระเบิดของภูเขาไฟ ส่วนปัญหาที่เกิดโดยที่มนุษย์มีส่วนร่วม ได้แก่ ปัญหาไฟป่าขนาดใหญ่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริกา ปัญหาการกระจายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น

2.1.2 ประเภทสารมลพิษอากาศ

มลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป มีมลพิษกลุ่มหลัก ได้แก่ ฝุ่นละอองและก๊าซมลพิษ โดยแหล่งกำเนิดที่สำคัญของฝุ่นละอองคือกระบวนการผลิตและเขม่าควันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ ซึ่งในกระบวนการผลิตจะมีฝุ่นละอองของวัตถุดิบจากกระบวนการผลิตต่าง ๆ เช่น การผสมวัตถุดิบ การร่อนเพื่อคัดขนาด การขัดแต่งชิ้นงาน เป็นต้น ส่วนเขม่าควันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ส่วนก๊าซมลพิษจากอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) รวมถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน นอกจากนั้น ควันจากกระบวนการผลิตยังอาจมีสารมลพิษอากาศอื่น ๆ อาทิ โลหะหนัก สารอินทรีย์ระเหย สารไดออกซิน รวมทั้งสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นรบกวน โดยมีข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรมดังต่อไปนี้ (ศิริกัลยา สุวจินดามนต์ และคณะ, 2541)

1) ฝุ่นละออง (Particulate Matter)

ฝุ่นละอองมีความหมายรวมถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศนี้บางชนิดมีขนาดใหญ่และมีสีดำจนมองเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อ

สุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง เนื่องจากฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งที่ดูดซับและหักเหแสงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดความหนาแน่นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองนั้น ฝุ่นขนาดเล็กเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนใน ปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศทั่วไป 3 ขนาด ได้แก่ ฝุ่นละอองรวม(TSP) ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ซึ่งสอดคล้องกับหน่วยงานพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาหรือ United States Environmental Protection Agency (U.S.EPA)

2) PM_{10}

ตามคำจำกัดความของ U.S.EPA หมายถึง ฝุ่นชนิดนี้มีขนาดเล็กมากจึงสามารถที่จะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้ โดยจะไปเกาะอยู่ตามแขนงและผนังของทางเดินหายใจ ซึ่งจะทำให้ระบบทางเดินหายใจเกิดการระคายเคืองและอักเสบได้ ยิ่งถ้าร่างกายอยู่ในสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการเกิดโรคด้วยแล้ว ก็ยิ่งเพิ่มความอันตรายมากขึ้น ฝุ่นชนิดนี้ดังที่กล่าวมาแล้วว่ามีขนาดเล็กมาก ดังนั้นเราอาจจะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยที่เราไม่รู้ตัว ถ้าเราได้รับในปริมาณที่มาก หรือได้รับในปริมาณที่น้อย แต่ได้รับทุกวัน ก็จะทำให้เกิดการสะสมในร่างกาย เมื่อเวลาผ่านไป ก็จะก่อให้เกิดอาการที่ชัดเจนขึ้น แหล่งกำเนิดของฝุ่นชนิดนี้ เช่น การเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใช้เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น ถ่านหิน ไม้ ฟืน มีสถานะเป็นของเหลว เช่น ดีเซล เบนซิน น้ำมันเตา เป็นต้น และเชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นแก๊ส เช่น แก๊สหุงต้ม แก๊สธรรมชาติ โพรเพน เป็นต้น นอกจากนี้การคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงก็จะสามารถก่อให้เกิดสารมลพิษที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กได้อีกด้วย

3) $PM_{2.5}$

ตามคำจำกัดความของ U.S.EPA หมายถึง ฝุ่นละอองขนาดเล็กคืออนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละอองนี้มีแหล่งกำเนิดสำคัญจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้าโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้แก๊ส SO_2 , NO_x และสาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละอองได้ และมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนลึกที่สุดได้ฝุ่นมีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ 3 ทางด้วยกัน คือ

1. ฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมี หรือลักษณะทางกายภาพ
2. ฝุ่นเข้าไปรบกวนระบบหายใจ
3. ฝุ่นเป็นตัวพาหรือดูดซับสารมลพิษและพาเข้าสู่ร่างกาย

4) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide, SO_2)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่ติดไฟ ไม่มีสี ถ้ามีความเข้มข้นประมาณ 0.3–1 ส่วนในล้านส่วนจะทำให้มีรสชาติเกิดขึ้นมีกลิ่นฉุนชวนสำลัก ทำความระคายเคือง มีความเป็นพิษ มีจุดเดือดต่ำมาก คือที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้ดีประมาณ 11.3 กรัมต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร กลายเป็นกรดซัลฟูริก ซัลเฟอร์ไดออกไซด์บางส่วนจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ภายในระยะเวลาครึ่งวันถึง 2 วันเมื่อมีแสงแดด หากอยู่ในบรรยากาศที่สะอาดจะถูกออกซิไดซ์อย่างช้า ๆ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการที่ตรวจพบว่าในบรรยากาศมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในปริมาณน้อยไม่ได้หมายความว่าบรรยากาศจะปราศจากมลพิษอันเนื่องมาจากออกไซด์ของซัลเฟอร์ แต่อาจเป็นเพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปลี่ยนรูปเป็นกรดซัลฟูริกหรือเกลือซัลเฟตอื่น ๆ แหล่งที่ทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สำคัญคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันและถ่านหิน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

5) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxide of Nitrogen)

ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เจือปนอยู่ในอากาศ ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไนตริกออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), ไนโตรเจนไตรออกไซด์ (NO_3), ไดไนโตรเจนออกไซด์ (N_2O_3), ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) และไดไนโตรเจนเพนทาออกไซด์ (N_2O_5) ออกไซด์ของไนโตรเจนที่พบมากที่สุดคือ ไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ จึงมักรวมก๊าซทั้งสองเข้าด้วยกันและใช้สัญลักษณ์แทนว่า NO_x

NO_x ยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามกระบวนการที่ทำให้เกิด คือกลุ่มที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีสารไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนออกไซด์เรียก “Fuel Nitrogen Oxide” และกลุ่มที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 1,000 องศาเซลเซียส ทำให้ไนโตรเจนจากอากาศถูกออกซิไดส์โดยก๊าซออกซิเจน เกิดเป็นไนโตรเจนออกไซด์เรียก “Thermal Nitrogen Oxide” โดยทั่วไปแล้วที่อุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดไนตริกออกไซด์ (NO) มากที่สุดถึงกว่าร้อยละ 90 อย่างไรก็ตามโมเลกุลของไนตริกออกไซด์ที่ออกสู่บรรยากาศมีแนวโน้มที่จะถูกออกซิไดส์เป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ได้อย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ก๊าซทั้ง 2 ชนิดนี้ไปพร้อมกันในเวลาเดียว เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการวิเคราะห์ และเพื่อผลในการป้องกันและควบคุมอันตรายที่อาจจะเกิดจากก๊าซดังกล่าว แหล่งที่ทำให้เกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่สำคัญคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงทุกประเภท โดยเฉพาะที่อุณหภูมิสูง

2.1.3 ข้อมูลค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย

ข้อมูลค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของประเทศไทย

(กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

สารมลพิษอากาศ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น ในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	1 ชม.	ไม่เกิน 30 ppm. (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 9 ppm. (10.26 มก./ลบ.ม.)
2. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.17 ppm. (0.32 มก./ลบ.ม.)
	1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ppm. (0.057 มก./ลบ.ม.)
3. ก๊าซโอโซน (O ₃)	1 ชม.	ไม่เกิน 0.10 ppm. (0.20 มก./ลบ.ม.)
	8 ชม.	ไม่เกิน 0.07 ppm. (0.14 มก./ลบ.ม.)
4. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ppm. (0.10 มก./ลบ.ม.)
	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 ppm.(0.30 มก./ลบ.ม.)
	1 ชม.	ไม่เกิน 0.3 ppm.(780 มก./ลบ.ม.)
5. ตะกั่ว (Pb)	1 เดือน	ไม่เกิน 1.5 มก./ลบ.ม.
6. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
7. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
8. ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	24 ชม.	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.

2.2 การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

บัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ คือ ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญในพื้นที่ที่สนใจ ซึ่งจัดไว้เป็นหมวดหมู่ ประกอบด้วยข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณการปล่อยมลพิษแต่ละชนิดจากแหล่งกำเนิด และข้อมูลลักษณะแหล่งกำเนิดซึ่งมีรายละเอียดตามความจำเป็นในการใช้งาน ซึ่งจะ

เป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานควบคุมและวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศ วางแผนงานควบคุมมลพิษ กำหนดเงื่อนไขอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ ศึกษาผลกระทบจากแหล่งกำเนิด ฯลฯ (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547)

บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษของโรงงานแห่งหนึ่ง ๆ ควรประกอบด้วยข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษ อากาศที่สำคัญ เช่น หน่วยการผลิต หม้อไอน้ำ และการสันดาปเชื้อเพลิง ซึ่งข้อมูลที่ต้องการ ได้แก่ อัตราการผลิต อัตราการใช้เชื้อเพลิง ชนิดและลักษณะของเชื้อเพลิง ปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศหลัก เช่น ผุ่นควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น รวมทั้งอาจมีข้อมูล ขนาดและความสูงของปล่องระบาย อัตราไหลและอุณหภูมิของอากาศเสีย เป็นต้น

ส่วนบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษในระดับเมือง จากผลการศึกษาที่ผ่านมาในอดีต พบว่า ปี พ.ศ. 2535 ประเทศไทยเริ่มจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศเป็นครั้งแรก โดยเป็นการจัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จากนั้นมีการจัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2537 ครอบคลุม 11 เมืองใหญ่และ 2 เขตควบคุมมลพิษ ต่อมาในปี พ.ศ. 2540 มีการปรับปรุงฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และเมื่อปี พ.ศ. 2549 มีการจัดทำฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งทำการศึกษาเฉพาะ PM (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547) ทั้งนี้ เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้ ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการคุณภาพอากาศภายในพื้นที่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

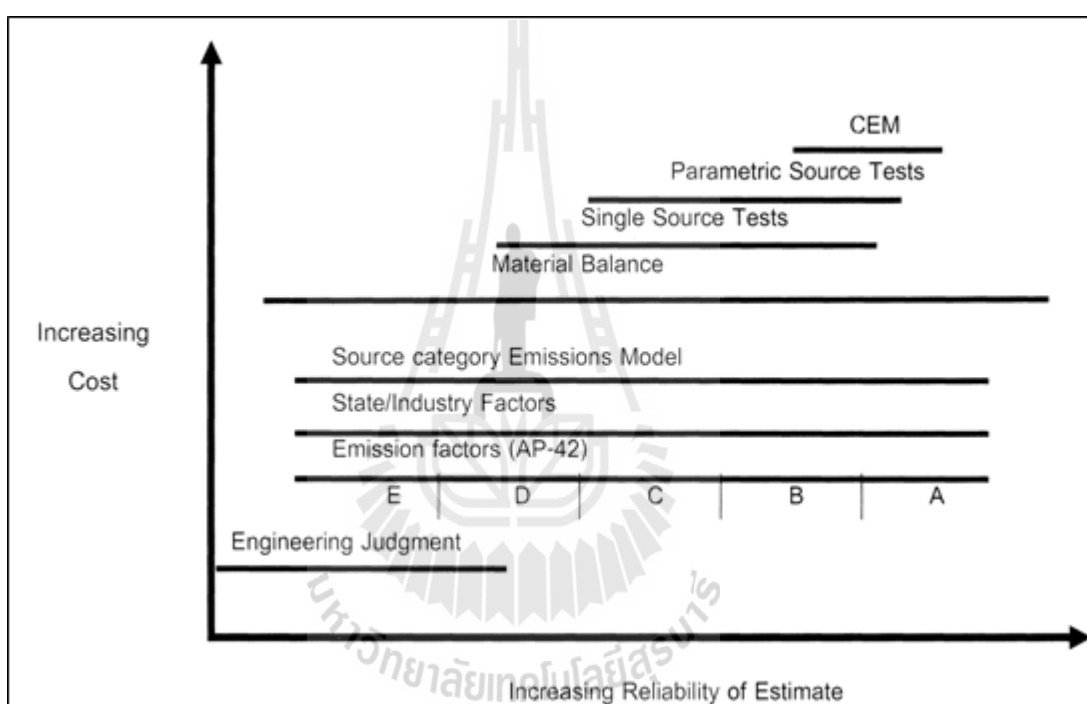
2.2.1 ขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ

การจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Shrestha, 2013) คือ

- 1) จำแนกแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศในพื้นที่ศึกษา
- 2) ติดต่อผู้เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศในพื้นที่ศึกษา เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง ในการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ
- 4) ทบทวนและตรวจสอบความเหมาะสมของข้อมูลที่จะใช้สำหรับการคำนวณหาปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ
- 5) พัฒนายุทธศาสตร์ทางเลือกหรือระดับของการดำเนินการ
- 6) จัดทำรายงานบัญชีรายการปล่อยมลพิษอากาศ

2.2.2 วิธีการประมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ

การเลือกวิธีประมาณการปล่อยมลพิษมีความสำคัญต่อการจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (สฤชัย โคตุละ, 2554) รูปที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการประมาณการปล่อยมลพิษในประเด็นด้านความถูกต้องและราคาค่าใช้จ่ายของแต่ละวิธี (US.EPA, 1995) โดยเห็นได้ว่าวิธีการที่มีความถูกต้องสูงจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงตามไปด้วย โดยวิธีที่พบได้บ่อยในการใช้งาน ได้แก่ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ หรือ Emission Factors (EFs), การตรวจวัดการปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่อง (Continuous Emission Monitoring : CEM) และวิธีสมดุลมวล (Mass Balance)



รูปที่ 2.1 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณการปล่อยมลพิษในด้านความถูกต้องและราคา (US.EPA, 1995)

1) ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ หรือ Emission Factors (EFs)

เป็นวิธีการที่มีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ มีข้อดีในด้านค่าใช้จ่ายต่ำ โดยค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจะแสดงเป็นค่าน้ำหนักมลพิษที่เกิดต่อหน่วยกิจกรรม เช่น ค่อน้ำหนักต่อปริมาตร ต่อระยะทาง หรือต่อเวลา เป็นต้น โดยจะเลือกใช้วิธีการค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษประกอบกับประสิทธิภาพการบำบัดมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจริงในการประมาณการปล่อยมลพิษอากาศ ซึ่งวิธีนี้

เหมาะสมกับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยมลพิษ (E) มีสมการทั่วไปดังนี้ (นภาพร พานิช และคณะ, 2547)

$$E = A \times EF \times [1 - (ER/100)]$$

โดยที่ A = อัตราการทำกิจกรรม
 EF = ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ
 ER = ประสิทธิภาพการควบคุมมลพิษ (%)

2) การตรวจวัดการปล่อยมลพิษอย่างต่อเนื่อง

(Continuous Emission Monitoring : CEM)

ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณมลพิษแบบต่อเนื่องของโรงงานแต่ละแห่ง จะเป็นข้อมูลปริมาณการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่มีอยู่แล้ว มีความถูกต้องกว่าใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ แต่ผลการตรวจวัดจะใช้ได้เฉพาะการทำงานในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเท่านั้น หากจะนำผลมาใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษระยะยาว เช่น เฉลี่ยทั้งปีหรือแทนวันปกติ ช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัดต้องเป็นตัวแทนการเดินเครื่องปกติของแหล่งกำเนิดนั้น

3) สมดุลมวล (Mass Balance)

การทำสมดุลมวลอาจใช้ปริมาณค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยมลพิษที่เชื่อถือได้ของโรงงานใดโรงงานหนึ่ง สำหรับแหล่งกำเนิดบางประเภทการทำสมดุลมวลอาจทำให้ข้อมูลปริมาณการปล่อยมลพิษที่ดีกว่าการตรวจวัด โดยทั่วไปการทำสมดุลมวลเหมาะที่จะใช้ในกรณีที่มีการสูญเสียวัตถุดิบปริมาณมากสู่บรรยากาศ เช่น กำมะถันในเชื้อเพลิงหรือการสูญเสียสารละลายจากกระบวนการเคลือบผิวซึ่งไม่มีอุปกรณ์ควบคุม ในทางตรงข้ามการทำสมดุลมวลอาจไม่เหมาะที่จะใช้หากสารนั้นถูกใช้หมดไปหรือสารนั้นทำปฏิกิริยาเคมีหรือการสูญเสียสู่บรรยากาศเป็นสัดส่วนน้อยของปริมาณวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ ในการทำสมดุลมวลจำเป็นต้องทราบปริมาณสารทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการผลิตและที่ออกจากกระบวนการผลิตเพื่อใช้ในการประมาณการปล่อยมลพิษที่ถูกต้อง

2.2.3 แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษแบบต่อเนื่องที่เป็นที่ยอมรับในการใช้งานของต่างประเทศ ได้แก่ World Health Organization (WHO) U.S.EPA และ IPCC ส่วนของประเทศไทย ได้แก่ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน และกรมควบคุมมลพิษ โดยการใช้งานตัวคูณปริมาณ

การปล่อยมลพิษจำเป็นต้องมีการพิจารณารายละเอียดที่เกี่ยวข้องก่อนเลือกใช้ค่าอ้างอิงจากแหล่งข้อมูล โดยควรพิจารณาในประเด็นต่อไปนี้ (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547)

- 1) กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน
- 2) อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ในการผลิต
- 3) อุปกรณ์และวิธีการควบคุมมลพิษที่แตกต่างกัน
- 4) ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษเป็นค่าเฉลี่ยจากข้อมูลที่ได้ ไม่ใช่ค่ามาตรฐาน หรือ

กล่าวได้ว่ามีแหล่งกำเนิดร้อยละ 50 ปล่อยมลพิษมากกว่าค่าตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษ และอีกร้อยละ 50 ปล่อยน้อยกว่าค่าตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษ

การจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษได้รับการยอมรับว่ามีความสำคัญมากในการควบคุมมลพิษอากาศ ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาคและระดับโลก มีหน่วยงานจำนวนมากในระดับประเทศและองค์กรระหว่างประเทศให้ความสำคัญต่อการจัดทำบัญชีมลพิษอากาศได้จัดพิมพ์เอกสารค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษเผยแพร่และใช้กันทั่วไปดังนี้

- 1) องค์การอนามัยโลก (World Health Organization , WHO) ประเมินแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ น้ำเสียและขยะมูลฝอย ร่วมกับหน่วยงานอื่นขององค์การสหประชาชาติอีก 3 หน่วยงาน ได้แก่ United Nations Environment Programme (UNEP), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) และ International Atomic Energy Agency (IAEA) ได้ร่วมกันจัดทำคู่มือเพื่อใช้ในการประมาณปริมาณมลพิษอย่างง่ายและรวดเร็ว (Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution)

- 2) องค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States of America , Environmental Protection Agency-US.EPA) ได้จัดทำเอกสารค่าตัวคูณมลพิษอากาศ U.S.EPA , AP-42 , Compilation of Air Pollutant Emission Factors มีรายละเอียดลักษณะแหล่งกำเนิดที่มีผลกระทบต่อปริมาณมลพิษที่ปล่อยออก ซึ่งผู้ใช้ต้องคำนึงถึงการใช้ค่าตัวคูณให้เหมาะสมกับสภาพแหล่งกำเนิด

- 3) องค์กรสิ่งแวดล้อมแห่งสหพันธ์ยุโรป (European Environmental Agency) ได้จัดทำบัญชีมลพิษอากาศในยุโรป Emission Inventory Guidebook เรียกว่า The Core Inventory of Air Emission in Europe – CORINAIR เพื่อบังคับใช้สำหรับประเทศสมาชิกให้รายงานปริมาณการปล่อยมลพิษที่แพร่กระจายได้ไกลและมีผลกระทบต่อภูมิภาคยุโรป ครอบคลุมเฉพาะมลพิษที่เป็นสาเหตุของฝนกรดและโอโซน

- 4) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ได้จัดทำบัญชีแก๊สเรือนกระจกแห่งชาติ (Guideline for National Greenhouse Inventory) เพื่อให้แต่ละประเทศสมาชิกจัดทำบัญชีในรูปแบบเดียวกันสำหรับศึกษาผลกระทบสภาวะโลกร้อน

ตัวอย่างของค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ขยะโดยใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษจากการเผาขยะโดยใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้

สาร มลพิษ อากาศ	ไม่มีเครื่องบำบัดมลพิษอากาศ			การบำบัดด้วย ESP		
	Kg/Mg	lb/ton	FACTOR RATING	Kg/Mg	lb/ton	FACTOR RATING
ฝุ่นละออง	3.48 E+01	6.96 E+01	A	5.17 E-01	1.04 E+00	A
SO ₂	1.95 E+00	3.90 E+00	C	ND	ND	NA
NO _x	2.51 E+00	5.02 E+00	A	2.51 E+00	5.02 E+00	A
As	2.97 E-03	5.94 E-03	B	1.10 E-04	1.34 E-04	D
Cd	4.37 E-03	8.75 E-03	C	6.70 E-05	2.20 E-04	C
Cr	6.99 E-03	1.40 E-02	B	2.34 E-04	4.68 E-04	D
Hg	2.8 E-03	5.5 E-03	D	2.8 E-03	5.5 E-03	D
Ni	2.18 E-03	4.36 E-03	C	9.05 E-03	1.81 E-02	D
Pb	1.00 E-01	2.01 E-01	C	1.84 E-03	3.66 E-03	A
CO	9.60 E-01	1.92 E+00	A	9.60 E-01	1.92 E+00	A
CO ₂	1.34 E+03	2.68 E+03	E	1.34 E+03	2.68 E+03	E

หมายเหตุ : (US.EPA, 2008)

2.3 พื้นฐานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ

แบบจำลองคุณภาพอากาศ (Air Quality Model) เป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากพื้นฐานทางทฤษฎีประกอบกับผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อใช้ประมาณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษในบรรยากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งเกิดจากการระบายออกจากแหล่งกำเนิด ถึงแม้ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จะให้ผลการประมาณที่มีความถูกต้องแน่นอนน้อยกว่าการใช้แบบจำลองทางกายภาพ แต่มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่า รวมทั้งเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่า ด้วยที่สามารถให้ผลที่มีความถูกต้องพอควร บทบาทสำคัญเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษอากาศ และการจัดการคุณภาพอากาศของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เห็นได้บ่อยครั้งคือ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบจากการพัฒนาโครงการขนาดใหญ่ เช่น โรงงาน

อุตสาหกรรม ทางหลวง ทางด่วน เป็นต้น เมื่อทราบความเข้มข้นของมลพิษจากการทำนายแล้ว ผู้ที่เกี่ยวข้องก็สามารถนำข้อมูลไปพิจารณาวางแผนและกำหนดมาตรการที่เหมาะสมสำหรับการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551).

การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในบรรยากาศนั้น เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศซึ่งมีต่อผู้รับมลพิษ ซึ่งได้รับผลกระทบดังกล่าว การศึกษาผลกระทบที่ดีที่สุดนั้น ได้แก่ การตรวจวัดมลพิษทางอากาศด้วยเครื่องมือทางฟิสิกส์ (อาทิ การวัด ฝุ่น แขนวลอยด้วยเครื่องวัดฝุ่น ปริมาตรสูง (High volume air sampler) หรือทางเคมี เช่น การวัดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (โดยวิธีพาราโรซานิลิน) แต่เนื่องจากการตรวจวัดทำได้จำกัด เช่น สามารถตรวจวัดได้เพียงช่วงเวลาหนึ่งหรือบางครั้งต้องใช้เวลามากและเครื่องมือมีราคาสูงมาก ส่วนการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถประเมินค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมงหรือ 1 ปี ได้อย่างสมบูรณ์ แต่จำเป็นจะต้องรู้ข้อมูลของแหล่งกำเนิด และสภาพอุตุนิยมวิทยา เมื่อพิจารณาจากข้อดีข้อเสียของวิธีในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งสองแบบแล้วจึงสมควรที่จะใช้ ประกอบกับทั้งสองวิธี โดยสามารถจะนำข้อดีของแต่ละวิธีมาเสริมกันได้วิธีการที่ใช้ทั้ง 2 วิธีเสริมกัน (นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช, 2544) ตัวอย่างเช่น

1. ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถได้ผลโดยรวดเร็ว เพื่อแสดงจุดที่คาดว่าจะมีผลกระทบสูงแล้วจึงตั้งจุดตรวจวัดด้วยวิธีทางเคมีหรือฟิสิกส์ที่จุดนั้น ๆ
2. นำผลการตรวจวัดที่ได้จริงนั้นมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อปรับปรุงข้อมูลที่ให้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ให้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

2.3.1 แบบจำลองแบบเกาส์เซียน (Gaussian)

แบบจำลองแบบเกาส์เซียนเป็นแบบจำลองการกระจาย (Dispersion Model) ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาจากพื้นฐานทางทฤษฎีของกฎการแพร่กระจายประกอบกับผลที่ได้จากการทดลองเพื่ออธิบายถึงการแพร่กระจายตัวของสารมลพิษในอากาศในสถานะต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกระจายของมลสารจากแหล่งกำเนิด ได้แก่ ลักษณะแหล่งกำเนิด ลักษณะของมลพิษ สภาพทางอุตุนิยมวิทยาและลักษณะของสถานที่หรือผู้ที่ได้รับมลพิษ

- 1) ลักษณะแหล่งกำเนิด เช่น อัตราการปล่อยมลพิษ ลักษณะการปล่อยก๊าซแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง ลักษณะของแหล่งกำเนิดเป็นแบบจุด เส้นหรือพื้นที่ ตำแหน่งที่ตั้งของปล่อยซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการจัดขวางไม่ให้อากาศเคลื่อนที่ได้ตามปกติ เป็นต้น

2) ลักษณะของมลพิษ คือ คุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารมลพิษ ซึ่งอาจมีการสลายตัวระหว่างอยู่ในบรรยากาศหรือกลายเป็นมลพิษชนิดอื่น เป็นต้น

3) สภาพทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม ทิศทางลมและเสถียรภาพของบรรยากาศ เป็นต้น

4) ลักษณะของสถานที่หรือผู้ที่ได้รับมลพิษ ได้แก่ ตำแหน่งของผู้รับมลพิษ ลักษณะพื้นที่บริเวณที่จะได้รับมลพิษและอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่อาจมีผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของอากาศ เช่น ผลของอาคารขนาดใหญ่อาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ Downwash ของกระแสลมที่ด้านหลังอาคารเกิดการสะสมตัวของมลพิษ เป็นต้น

สมการพื้นฐานของแบบจำลองแบบเกาส์เซียน แสดงดังสมการที่ 3.1

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_zu} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad (3.1)$$

โดยที่

C = ความเข้มข้นสารมลพิษ ณ ตำแหน่ง (x, y, z) (x, y, z) เป็นระบบการบอกตำแหน่งที่ต้องการทราบความเข้มข้น โดยจุดอ้างอิง $(x=0, y=0, z=0)$ คือระดับผิวพื้น ณ แหล่งกำเนิดและแกน x ตามแนวทิศทางลม

x = ระยะทางตามทิศลม, เมตร

y = ระยะทางตั้งฉากกับทิศลมในแนวระดับ, เมตร

z = ระยะทางตั้งฉากทิศทางลมในแนวดิ่ง, เมตร

Q = อัตราการปล่อยสารมลพิษ (กรัม/วินาที)

H = ความสูงเสมือนของปล่อง (เมตร) $= h_s + \Delta H$

h_s = ความสูงจริงของปล่อง (เมตร)

ΔH = การยกตัวของพุ่ม (เมตร)

u = ความเร็วลมที่ความสูง H (เมตร/วินาที)

σ_y = สัมประสิทธิ์ในการแพร่กระจายในแนวแกน y , เมตร

σ_z = สัมประสิทธิ์ในการแพร่กระจายในแนวแกน z , เมตร

ในการหาสัมประสิทธิ์ในการแพร่กระจายสารมลพิษในอากาศ เพื่อจะนำมาใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารนั้นจำเป็นต้องทราบค่า σ_y และ σ_z ซึ่งอยู่กับสภาพการคงตัวหรือความเสถียรของอากาศ Pasquill ได้จัดแบ่งความเสถียรของบรรยากาศดังแสดงในตารางที่ 2.3 ออกเป็น 6 ระดับดังนี้

ระดับ A หมายถึง	มีความไม่เสถียรมาก	(Very unstable)
ระดับ B หมายถึง	มีความไม่เสถียรปานกลาง	(Moderately unstable)
ระดับ C หมายถึง	มีความไม่เสถียรเล็กน้อย	(Slightly unstable)
ระดับ D หมายถึง	มีความเสถียรปานกลาง	(Neutral)
ระดับ E หมายถึง	มีความเสถียรเล็กน้อย	(Slightly stable)
ระดับ F หมายถึง	มีความเสถียร	(Stable)

ตารางที่ 2.3 ความเสถียรของบรรยากาศตามแบบจำลองของ Pasquill-Gifford-Turner

(Turner, D. B., 1994)

ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) (ที่ความสูง 10 เมตร)	ช่วงเวลา				
	กลางวัน (มีแสงอาทิตย์)			กลางคืน (ปริมาณเมฆในท้องฟ้า)	
	มาก	ปานกลาง	น้อย	มากกว่า ครึ่ง	น้อยกว่า ครึ่ง
<2	A	A-B	B	-	--
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

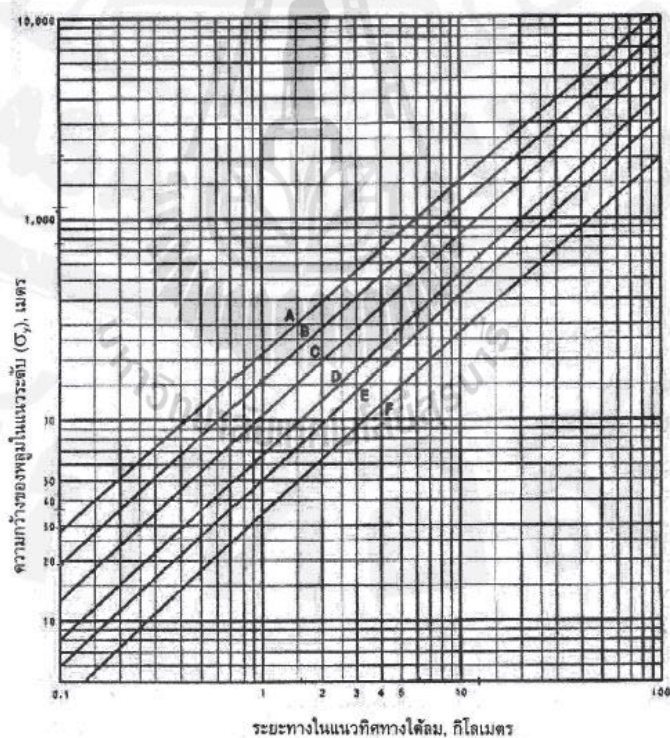
คำว่า “กลางคืน” ให้หมายถึงช่วงเวลารวมถึงหนึ่งชั่วโมงก่อนพระอาทิตย์ตก และหนึ่งชั่วโมงหลังจากพระอาทิตย์ขึ้นคำว่า “แสงอาทิตย์มาก” คือ องศาพระอาทิตย์กว่า 60° แต่ท้องฟ้าโปร่ง “แสงอาทิตย์ปานกลาง” คือ องศาพระอาทิตย์ ระหว่าง 35°- 60° ท้องฟ้าโปร่งหรือองศาว่า 60° แต่ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน

ค่า σ_y และ σ_z สามารถหาได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่สารมลพิษเดินทางจากแหล่งกำเนิด (x) และความคงตัวของบรรยากาศแสดงดังรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3

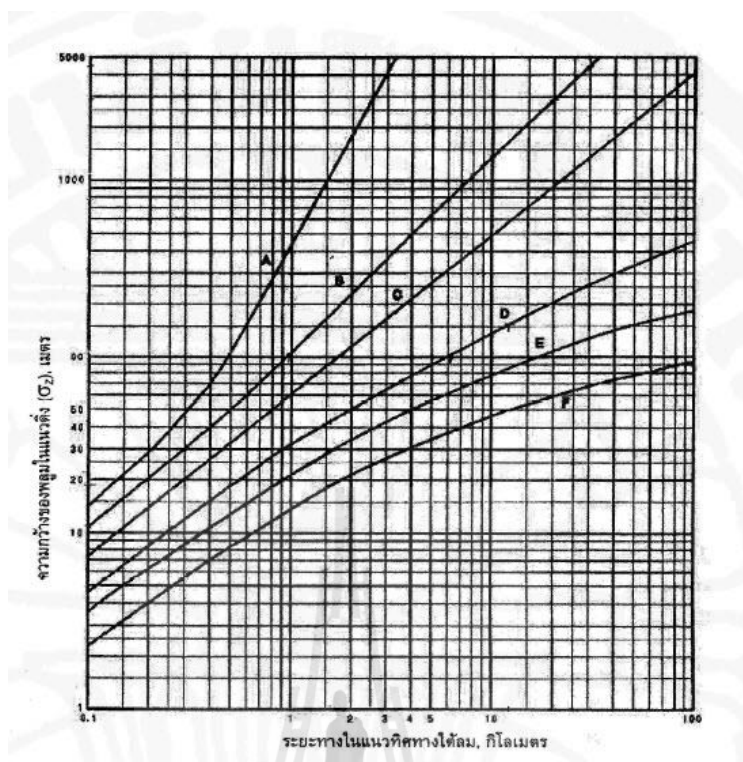
2.3.2 การใช้งานแบบจำลองคุณภาพอากาศ

หากพิจารณาในด้านระดับการใช้งาน แบบจำลองคุณภาพอากาศอาจแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับคัดกรอง (Screening) ซึ่งใช้เพื่อพิจารณาว่าจำเป็นต้องศึกษาในระดับละเอียดต่อไปหรือไม่ แบบจำลองระดับนี้จะใช้ข้อมูลอุณหภูมิตามสมมุติ อาทิแบบจำลอง SCREEN3 ซึ่งสามารถ

นำมาใช้ในการประมาณการความเข้มข้นของมลพิษอากาศเบื้องต้นเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศที่ไม่ซับซ้อน (US.EPA, 1995) ซึ่งข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลที่สมมติขึ้นใช้ในแบบจำลอง ซึ่งค่าที่ประมวลผลได้จะเป็นค่าที่เป็นตัวแทนกรณีความเข้มข้นสูงสุด (worst case) ส่วนระดับที่สอง คือ ระดับละเอียด เป็นระดับที่ใช้รายละเอียดข้อมูลในพื้นที่จริง (นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช, 2544) อาทิแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เป็นแบบจำลองหลักในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ซึ่งข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเป็นข้อมูลจริงในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน ซึ่งค่าที่ประมวลผลได้จะเป็นค่าที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริง (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551) โดยแบบจำลอง SCREEN3 และ AERMOD จะไม่ขึ้นต่อกัน ค่าจากแบบจำลองทั้ง 2 แบบจึงไม่ใช่ค่าที่นำมาใช้แทนกันได้และต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวแกน Y (σ_y)
ของ Passquill-Gifford (Turner, D. B., 1994)

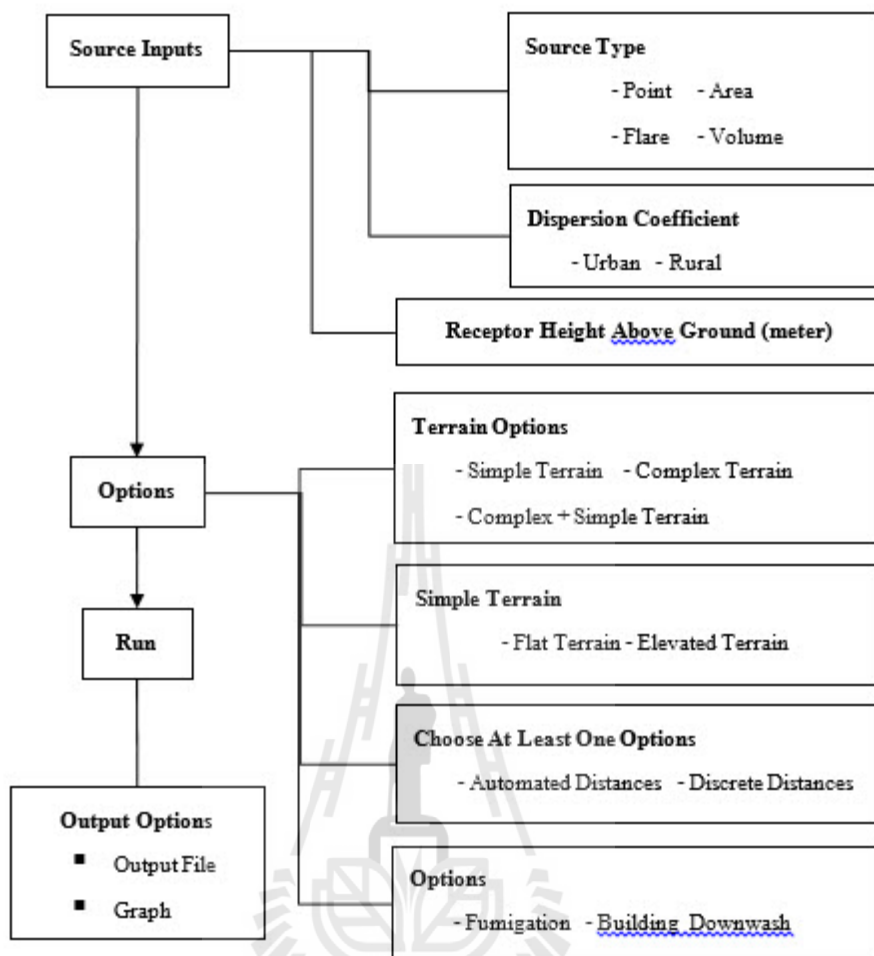


รูปที่ 2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายสารมลพิษในแนวกแน $Z(\sigma_z)$
ของ Passquill-Gifford (Turner, D. B., 1994)

2.4 แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3

2.4.1 หลักการทำงาน

SCREEN3 ได้รับการพัฒนาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานสำหรับการประมาณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศ ซึ่ง SCREEN3 จะเป็นขั้นตอนการคัดกรองสำหรับการประมาณค่าความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศที่มาจากแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ไม่ได้ SCREEN3 สามารถประมาณค่าได้คราวละหนึ่งแหล่งกำเนิด โดยมีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.4 เริ่มจากการป้อนข้อมูลแหล่งกำเนิด สัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย ข้อมูลผู้รับ จากนั้นเลือกตัวเลือกเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ รวมทั้งลักษณะพิเศษอื่นๆ แล้วจึงทำการประมวลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในรูปแบบของข้อมูลและแผนภาพ



รูปที่ 2.4 หลักการทำงานของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3

2.4.2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

ในขั้นตอนของการใช้แบบจำลอง SCREEN3 ในการทำนายคุณภาพอากาศ สามารถแบ่งลักษณะของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศได้ 4 ชนิด ได้แก่ (1) แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source) (2) แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source) (3) แหล่งกำเนิดมีการเกิดเปลวไฟ (Flare Source) (4) แหล่งกำเนิดทรงปริมาตร (Volume Area)

- แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source)

ข้อมูลนำเข้าในการทำนายคุณภาพอากาศของแหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source) ได้แก่

- อัตราการไหลของปล่องระบายอากาศ (กรัมต่อวินาที)
- ความสูงของปล่องระบายอากาศ (เมตร)
- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องระบายอากาศ (เมตร)
- ความเร็วในการไหลของมลพิษอากาศ (เมตรต่อวินาที)
- อุณหภูมิของก๊าซที่ไหลออกจากปล่องระบายอากาศ (เคลวิน)
- อุณหภูมิของบรรยากาศทั่วไป (เคลวิน)
- ลักษณะพื้นที่ (เมืองหรือชนบท)
- ระดับความสูงของผู้รับมลพิษอากาศ (เมตร)
- ลักษณะพื้นที่ (ที่ราบหรือที่ต่างระดับ)

- แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source)

ข้อมูลนำเข้าในการทำนายคุณภาพอากาศของแหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source) ได้แก่

- อัตราการไหลของมลพิษอากาศ (กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร)
- ความสูงของแหล่งกำเนิด (เมตร)
- ความกว้างของแหล่งกำเนิด (เมตร)
- ความยาวของแหล่งกำเนิด (เมตร)
- ลักษณะพื้นที่ (เมืองหรือชนบท)
- ระดับความสูงของผู้รับมลพิษอากาศ (เมตร)

- แหล่งกำเนิดมีการเกิดเปลวไฟ (Flare Source)

ข้อมูลนำเข้าในการทำนายคุณภาพอากาศของแหล่งกำเนิดมีการเกิดเปลวไฟ (Flare Source) ได้แก่

- อัตราการไหลของปล่องระบายอากาศ (กรัมต่อวินาที)
- ความสูงของปล่องระบายอากาศ (เมตร)
- อัตราระบายความร้อนจากปล่อง (บีทียูต่อวินาที)
- ลักษณะพื้นที่ (เมืองหรือชนบท)
- ระดับความสูงของผู้รับมลพิษอากาศ (เมตร)
- ลักษณะพื้นที่ (ที่ราบหรือที่ต่างระดับ)

- แหล่งกำเนิดทรงปริมาตร (Volume Area)

ข้อมูลนำเข้าในการทำนายคุณภาพอากาศของแหล่งกำเนิดทรงปริมาตร

(Volume Area) ได้แก่

- อัตราการไหลของมลพิษอากาศ (กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร)
- ความสูงของแหล่งกำเนิด (เมตร)
- ขนาดความยาวด้านข้างของปริมาตร (เมตร)
- ขนาดความสูงของปริมาตร (เมตร)
- ลักษณะพื้นที่ (เมืองหรือชนบท)
- ระดับความสูงของผู้รับมลพิษอากาศ (เมตร)
- ลักษณะพื้นที่ (ที่ราบหรือที่ต่างระดับ)

2.4.3 ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลอง

ขั้นตอนแสดงผลการคำนวณจะแสดงออกมาสองรูปแบบคือลักษณะของตัวเลขและกราฟโดยยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศจากปล่องระบายอากาศของโรงงานแห่งหนึ่งโดยสารมลพิษอากาศที่ใช้ในตัวอย่าง คือ ฝุ่นละอองรวม

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลสำคัญที่นำเข้าแบบจำลองประกอบด้วยลักษณะแหล่งกำเนิดเป็นแบบจุด สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเป็นแบบพื้นที่ชนบท ความสูงของผู้รับเหนือพื้นดินเท่ากับศูนย์ (พิจารณาที่ระดับพื้นดิน) อัตราการปล่อยมลพิษอากาศเท่ากับ 19.92 กรัมต่อวินาที ขนาดความสูงของปล่องระบายอากาศเท่ากับ 46 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของปล่องระบายอากาศเท่ากับ 2 เมตร ความเร็วของมลพิษอากาศเท่ากับ 25 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิภายในปล่องระบายอากาศเท่ากับ 344.15 เคลวิน อุณหภูมิบรรยากาศทั่วไปเท่ากับ 293 เคลวินและระยะทางมลพิษอากาศถึงผู้รับเท่ากับ 10,000 เมตร

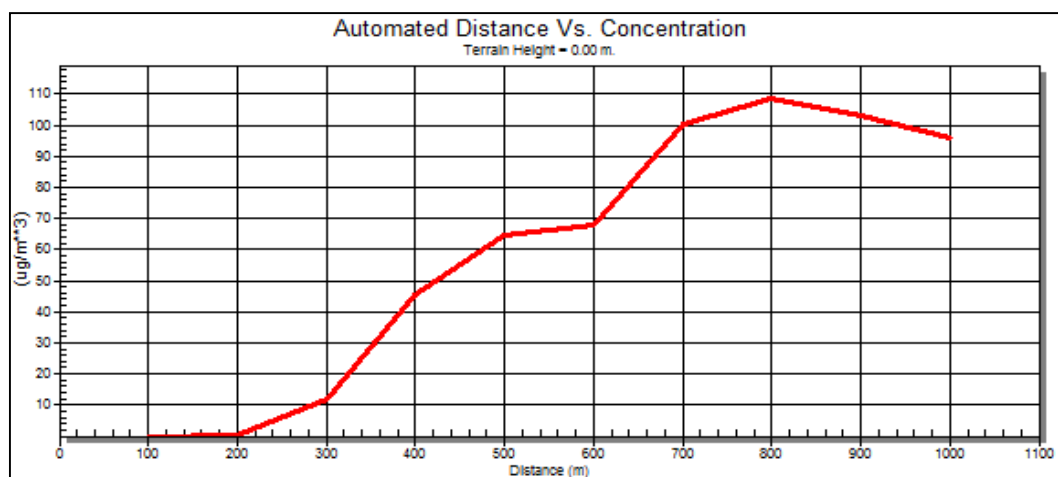
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลปล่อยระบายอากาศของโรงงานแห่งนี้

Source Type	Point	
Dispersion Coefficient	Rural	
Emission Type	Total Suspended Particulate (TSP)	
Parameter	Amount	Units
Receptor Height Above Ground	0	meter
Emission Rate	19.92	g/s
Stack Height	46	meter
Stack Inside Diameter	2	meter
Stack Gas Exit (velocity)	25	m/s
Stack Gas Exit (Temperature)	344.15	Kelvin
Ambient Air Temperature	293	Kelvin
Distance to Receptor	10000	meter

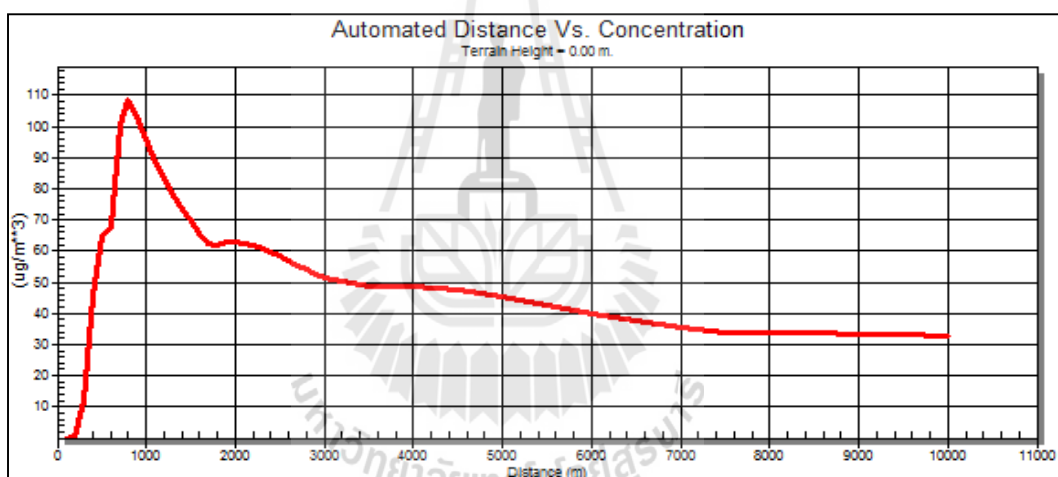
ตารางที่ 2.5 แสดงผลการคำนวณในรูปแบบข้อมูลและรูปที่ 2.5 แสดงผลการคำนวณในรูปแบบรูปภาพ (กราฟ) โดยจะเห็นได้ว่าโรงงานผลิตไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงชีวมวลแห่งนี้ทำให้เกิดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมสูงสุดเท่ากับ 108.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยระยะทางที่มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมสูงสุดที่ระดับพื้นผิวเท่ากับ 794 เมตรจากแหล่งกำเนิดไปทางใต้ลม

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3 (ตัวเลข)

Distance (meter)	Concentration (ug/m ³)	Distance (meter)	Concentration (ug/m ³)
200	0.1268	3500	48.42
400	45.36	4000	48.81
600	67.86	4500	47.46
800	108.4	5000	45.22
1000	95.82	5500	42.64
1200	83.15	6000	40.04
1400	73.49	6500	37.58
1600	65.90	7000	35.33
1800	61.88	7500	33.61
2000	62.90	8000	33.71
2200	61.89	8500	33.66
2400	59.70	9000	33.49
2600	56.96	9500	33.23
2800	54.07	10000	32.89
3000	51.27		



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลองคณิตศาสตร์ SCREEN3 (กราฟ)

(ก) ค่าความเข้มข้นระยะทาง 1 ถึง 1,000 เมตร

(ข) ค่าความเข้มข้นระยะทาง 1 ถึง 10,000 เมตร

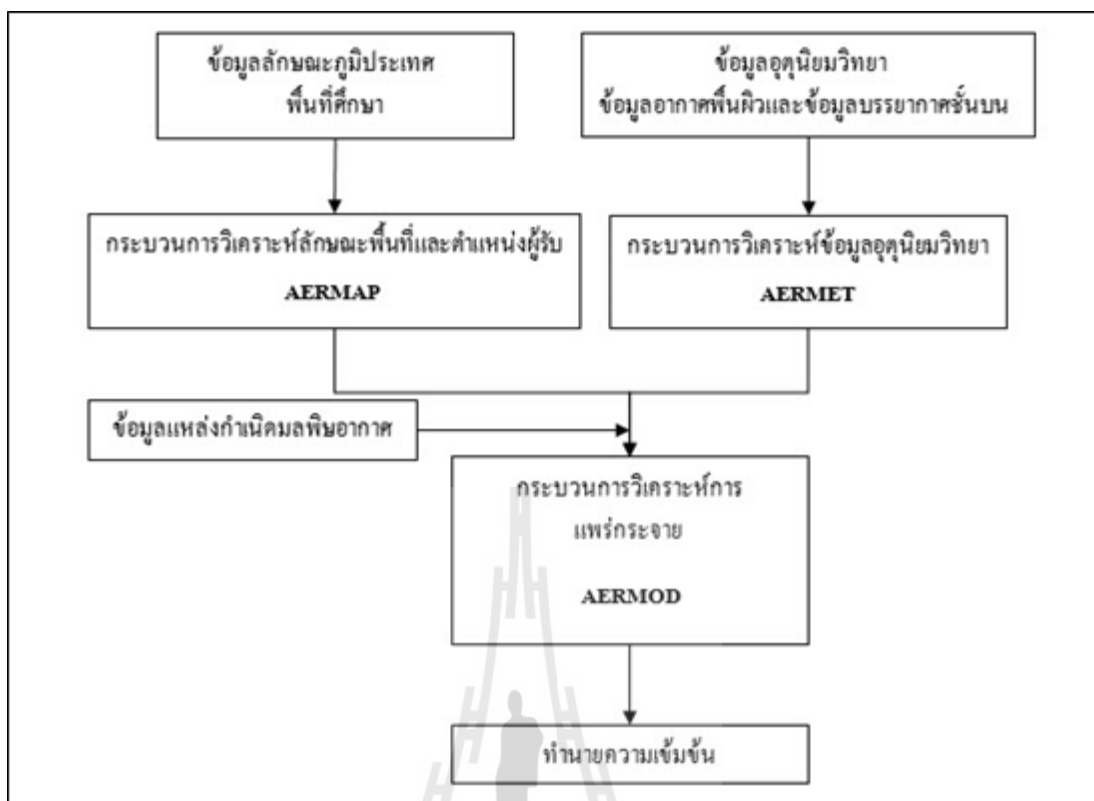
2.5 แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

ในเนื้อหาของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ในหัวข้อนี้ได้อ้างอิงจากเอกสาร “แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD” ปี 2551 โดย รศ.ดร.วราวุธ เสือดี ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์(วราวุธ เสือดี, 2551)

แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ได้รับการพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกาในปีค.ศ. 1991 โดยเลือกแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISC (Industrial source complex model) เป็นต้นแบบในการพัฒนา ซึ่งใช้องค์ความรู้เรื่องชั้นบรรยากาศที่ติดกับผิวโลกเป็นหลัก โดยแบ่งออกเป็นบรรยากาศที่อากาศเกิดการเคลื่อนที่ของมวลของอากาศเนื่องมาจากการพาความร้อนหรือ Convective boundary layer (CBL) และชั้นบรรยากาศที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากการพาความร้อนโดยจะได้รับจากผลจากแรงเสียดทานจากผิวโลก หรือ Stable boundary layer (SBL) โดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จะสมมติว่าในชั้น SBL มีการแพร่กระจายความเข้มข้นเป็นแบบเกาส์เซียน (Gaussian) ทั้งในแนวดิ่งและแนวระดับ ส่วนใน CBL มีการแพร่กระจายความเข้มข้นเป็นแบบ Gaussian ในแนวระดับแต่ในแนวดิ่งจะมีการแพร่กระจายแบบ Bi-Gaussian

2.5.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของแบบจำลองคณิตศาสตร์ AERMOD มีโปรแกรมย่อยที่จำเป็นในการช่วยจัดเรียงข้อมูลสองโปรแกรมด้วยกันคือ AERMET ซึ่งจะป้อนข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาและ AERMAP ซึ่งจะป้อนข้อมูลทางด้านความสูงของพื้นที่ โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ AERMOD มีหลักการทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.6 เริ่มต้นจากการนำข้อมูลลักษณะพื้นที่และข้อมูลตำแหน่งเข้าสู่โปรแกรมย่อย AERMAP และนำข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเข้าสู่โปรแกรม AERMET แล้วนำข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม AERMAP และ AERMET เข้าสู่โปรแกรม AERMOD เพื่อทำการประเมินกระจายความเข้มข้นของมลพิษอากาศ



รูปที่ 2.6 รูปแบบการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

2.5.2 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

1. ข้อมูลนำเข้าโปรแกรมย่อย AERMET

ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องนำเข้าโปรแกรมย่อย AERMET เป็นข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper air data) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลและค่าปัจจัยอื่นๆ

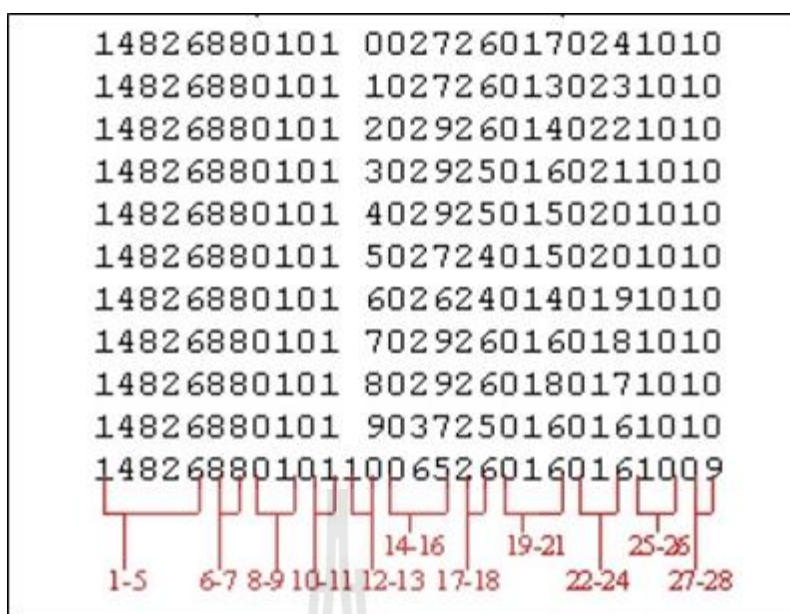
- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น (Surface air data) ได้แก่
 - ความเร็วลม (Wind speed)
 - ทิศทางลม (Direction)
 - อุณหภูมิ (Ambient temperature)
 - ปริมาณเมฆปกคลุม (Cloud cover)
 - ความสูงฐานเมฆ (Ceiling height)

ในการทำงานสามารถดึงข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลดิบที่บันทึกจากการตรวจวัดได้ในหลายรูปแบบ เช่น MET-144 format, CD-144 หรือ SCRAM format และ SAMSON format ในประเทศไทยเป็นการนำเอาข้อมูลที่มีอยู่จัดเรียงในรูปแบบที่โปรแกรมย่อย AERMET สามารถนำไปประมวลผลได้ โดยรูปแบบที่ง่ายที่สุดและเหมาะสมที่สุดคือการจัดเรียงในรูปแบบ CD-144 หรือ SCRAM format

โปรแกรมย่อย AERMET สามารถคัดแยกหรือดึงข้อมูลที่ต้องการจากแฟ้มข้อมูลที่บันทึกจากการตรวจวัดแบบมาตรฐานของศูนย์ข้อมูลด้านภูมิอากาศแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ National Climatic Data Center (NCDC) หลายรูปแบบทั้งนี้รวมถึง TD-6201 format, CD-144 format, และ FSL format

นอกจากข้อมูลที่ต้องนำเข้าโปรแกรม AERMET จะต้องทราบชื่อ สถานี รหัสของสถานีตรวจวัดข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา รวมทั้ง วัน เดือน ปี และชั่วโมงที่แสดงผลอุตุนิยมวิทยา

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างการจัดเรียงข้อมูลแบบ SCRAM format ซึ่งมีการจัดเรียงข้อมูลเป็นรายชั่วโมง โดยชั่วโมงที่ 1 ของวันที่ 1 เดือนมกราคม ของปีนั้น ๆ จะเป็นข้อมูลในแถวแรก และข้อมูลชั่วโมงสุดท้าย ของเดือนธันวาคม ของปีนั้น ๆ จะเป็นข้อมูลแถวสุดท้ายและในแต่ละแถวมีจำนวนข้อมูลแถวละ 28 ตัวอักษร ซึ่งประกอบด้วย (ตัวอักษรที่ 1-5) ข้อมูลหมายเลขประจำสถานีอุตุนิยมวิทยา (ตัวอักษรที่ 6-7) ข้อมูลปีที่เลือกใช้เป็นคริสต์ศักราช (ตัวอักษรที่ 8-9) ข้อมูลเดือน (ตัวอักษรที่ 10-11) ข้อมูลวันที่ (ตัวอักษรที่ 12-13) ข้อมูลชั่วโมง (ตัวอักษรที่ 14-16) ข้อมูลความสูงฐานเมฆ (ตัวอักษรที่ 17-18) ข้อมูลทิศทางลม (ตัวอักษรที่ 19-21) ข้อมูลความเร็วลม (ตัวอักษรที่ 22-24) ข้อมูลอุณหภูมิ (ตัวอักษรที่ 25-26) ปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมดหรือ Total cloud cover (ตัวอักษรที่ 27-28) ปริมาณเมฆทึบแสงหรือ Opaque cloud cover ในกรณีที่ไม่มีกรตรวจวัดปริมาณเมฆทึบแสง สามารถใช้ปริมาณเมฆปกคลุมท้องฟ้าทั้งหมดแทนได้



รูปที่ 2.7 การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นแบบ SCRAM format
(วรารุณ เสือดี, 2551)

- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper air data)
 - ความดันที่ระดับมาตรฐาน
 - ความสูงที่ระดับความดันมาตรฐาน
 - อุณหภูมิที่ระดับความดันมาตรฐาน
 - ทิศทางลมที่ระดับความดันมาตรฐาน
 - ความเร็วลมที่ระดับความดันมาตรฐาน

ข้อมูลการตรวจวัดอากาศชั้นบน โปรแกรมย่อย AERMET สามารถคัดแยกหรือดึงข้อมูลที่ต้องการจากแฟ้มข้อมูลที่บันทึกจากการตรวจวัดแบบมาตรฐาน NCDC หลายรูปแบบทั้งนี้รวมถึง TD-6201 format, CD-144 format และ TD-3280 format เช่นเดียวกันกับกรณีข้อมูลผิวพื้น แต่สำหรับประเทศไทยควรใช้รูปแบบการจัดเรียงแบบ Forecast system laboratory (FSL) หรือ FSL Radiosonde data base ซึ่งประกอบด้วยการเรียงข้อมูลจำนวน 365 ข้อมูล แต่ละวันใช้ข้อมูลจนถึงระดับความสูงประมาณ 5,000 เมตร โดย แถวที่ 1 คือ วันเดือนปีชั่วโมง และจำนวนระดับความสูงที่ทำการตรวจวัด แถวที่ 2-6 มีข้อมูลอากาศระดับสูงจำนวน 6 คอลัมน์ ประกอบด้วย (คอลัมน์ที่ 1) ความดันที่ระดับมาตรฐาน (คอลัมน์ที่ 2) ความสูงที่ระดับความดันมาตรฐาน (คอลัมน์ที่ 3) อุณหภูมิที่ระดับความดันมาตรฐาน (คอลัมน์ที่ 4) ข้อมูลเสริมหรือ Dummy data (คอลัมน์ที่ 5) ทิศทางลมที่

ระดับความดันมาตรฐาน และ(คอลัมน์ที่ 6) ความเร็วลมที่ระดับความดันมาตรฐาน โดยรูปแบบการจัดเรียงข้อมูลอากาศชั้นบนแบบ FSL format แสดงดังรูปที่ 2.8

12010107	5					
10000	131	244	244	80	110	
8500	1541	167	167	100	130	
7000	3175	98	98	80	130	
6000	4435	16	16	80	180	
5000	5892	-59	-59	70	190	
12010207	5					
10000	129	254	254	70	120	
8500	1542	171	171	130	90	
7000	3172	74	74	110	120	
6000	4434	28	28	110	90	
5000	5886	-85	-85	150	150	
12010307	5					
10000	112	262	262	100	30	
8500	1528	172	172	100	60	
7000	3161	85	85	60	30	
6000	4421	20	20	200	40	
5000	5873	-54	-54	200	80	

รูปที่ 2.8 การจัดเรียงข้อมูลอากาศชั้นบนแบบ FSL format

(วรารุณ เกื้อดี, 2551)

- คำลักษณะเฉพาะของพื้นที่ จะประกอบไปด้วย

- Albedo เป็นการสะท้อนของการแผ่รังสี (Solar radiation) จากพื้นดินกลับสู่บรรยากาศโดยไม่มีการดูดซับ มีค่าระหว่าง 0.1 สำหรับพื้นที่ที่เป็นป่าไม้ผลัดใบ(Deciduous forest) ถึง 0.60 สำหรับช่วงหิมะตกใหม่ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.6

- Bowen ratio เป็นอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความร้อน (Sensible heat flux) ต่อการเปลี่ยนแปลงของความร้อนแฝง (Latent heat flux) ใช้พิจารณาพารามิเตอร์สำหรับสภาวะที่เกิดการพา (Convective condition) ใน PBL เป็นดัชนีของความชื้นที่พื้นผิว ซึ่ง ณ เวลาเที่ยงวัน Bowen ratio มีช่วงอยู่ระหว่าง 0.1 ที่เหนือผิวน้ำถึง 6.0 ที่เหนือทะเลทราย ดังแสดงในตารางที่ 2.7 ตารางที่ 2.8 และตารางที่ 2.9

■ Surface roughness length เป็นความสูงที่ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวระดับเป็น 0 มีค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0001 เมตร เหนือผิวน้ำที่สงบถึง 1.3 เมตร หรือมากกว่าที่เหนือพื้นที่ป่าหรือพื้นที่เขตเมือง ดังแสดงในตารางที่ 2.10

● ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงตามละติจูดและวงจรของการเพาะปลูกโดย

■ ฤดูใบไม้ผลิ (Spring) หมายถึง ช่วงที่เริ่มมีการเพาะปลูก ซึ่งอาจอนุโลมได้ว่าเป็นช่วง 1-2 เดือนหลังจากน้ำแข็งละลายเนื่องจากหิมะหนาว

■ ฤดูร้อน (Summer) หมายถึง ช่วงที่การเพาะปลูกมีความอุดมสมบูรณ์พื้นที่เป็นสีเขียวชุ่ม

■ ฤดูใบไม้ร่วง (Autumn) หมายถึง ช่วงที่เป็นสภาวะมีน้ำแข็งสลับกับน้ำแข็งละลาย ต้นไม้สลัดใบจนเหลือน้อย พื้นดินว่างเปล่าหลังการเก็บเกี่ยว หญ้าเป็นสีเทาและไม่มีหิมะ

■ ฤดูหนาว (Winter) หมายถึง ช่วงที่มีหิมะปกคลุมพื้นดินและอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง

ตารางที่ 2.6 ค่า Albedo แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินตามฤดูกาล

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land - use)	ใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Freshwater and Sea)	0.12	0.10	0.14	0.20
ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest)	0.12	0.12	0.12	0.50
ป่าสน (Coniferous forest)	0.12	0.12	0.12	0.35
หนองน้ำ, บึง (Swamp)	0.12	0.14	0.16	0.30
พื้นที่การเกษตร (Cultivated land)	0.14	0.20	0.18	0.60
ทุ่งหญ้า (Grass land)	0.18	0.18	0.20	0.60
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	0.14	0.16	0.18	0.35
พื้นที่ทะเลทราย (Desert shrub land)	0.30	0.28	0.28	0.45

ที่มา : (US.EPA, 2004)

ตารางที่ 2.7 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลในสภาวะที่ไม่มี
ความชื้น

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land - use)	ใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Freshwater and Sea)	0.1	0.1	0.1	2.0
ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest)	1.5	0.6	2.0	2.0
ป่าสน (Coniferous forest)	1.5	0.6	1.5	2.0
หนองน้ำ, บึง (Swamp)	0.2	0.2	0.2	2.0
พื้นที่การเกษตร (Cultivated land)	1.0	1.5	2.0	2.0
ทุ่งหญ้า (Grass land)	1.0	2.0	2.0	2.0
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	2.0	4.0	4.0	2.0
พื้นที่ทะเลทราย (Desert shrub land)	5.0	6.0	10.0	10.0

ที่มา: (US.EPA, 2004)

ตารางที่ 2.8 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลในสภาวะที่มี
ความชื้นปกติ

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land - use)	ใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Freshwater and Sea)	0.1	0.1	0.1	1.5
ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest)	0.7	0.3	1.0	1.5
ป่าสน (Coniferous forest)	0.7	0.3	0.8	1.5
หนองน้ำ, บึง (Swamp)	0.1	0.1	0.1	1.5
พื้นที่การเกษตร (Cultivated land)	0.3	0.5	0.7	1.5
ทุ่งหญ้า (Grass land)	0.4	0.8	1.0	1.5
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	1.0	2.0	2.0	1.5
พื้นที่ทะเลทราย (Desert shrub land)	3.0	4.0	6.0	6.0

ที่มา : (US.EPA, 2004)

ตารางที่ 2.9 ค่า Bowen ratio แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาลในสภาวะที่มีความชื้นสูง

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land - use)	ใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Freshwater and Sea)	0.1	0.1	0.1	0.3
ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest)	0.3	0.2	0.4	0.5
ป่าสน (Coniferous forest)	0.3	0.2	0.3	0.3
หนองน้ำ, บึง (Swamp)	0.1	0.1	0.1	0.5
พื้นที่การเกษตร (Cultivated land)	0.2	0.3	0.4	0.5
ทุ่งหญ้า (Grass land)	0.3	0.4	0.5	0.5
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	0.5	1.0	1.0	0.5
พื้นที่ทะเลทราย (Desert shrub land)	1.0	5.0	2.0	2.0

ที่มา : (US.EPA, 2004)

ตารางที่ 2.10 ค่า Surface roughness length (เมตร) แบ่งตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและฤดูกาล

การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land - use)	ใบไม้ผลิ (Spring)	ฤดูร้อน (Summer)	ใบไม้ร่วง (Autumn)	ฤดูหนาว (Winter)
แหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำทะเล (Freshwater and Sea)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
ป่าไม้ผลัดใบ (Deciduous forest)	1.0	1.3	0.8	0.5
ป่าสน (Coniferous forest)	1.3	1.3	1.3	1.3
หนองน้ำ, บึง (Swamp)	0.2	0.2	0.2	0.05
พื้นที่การเกษตร (Cultivated land)	0.03	0.2	0.05	0.01
ทุ่งหญ้า (Grass land)	0.05	0.1	0.01	0.001
พื้นที่เขตเมือง (Urban)	1.0	1.0	1.0	1.0
พื้นที่ทะเลทราย (Desert shrub land)	0.3	0.3	0.3	0.15

ที่มา: (US.EPA, 2004)

2 ข้อมูลนำเข้าสำหรับโปรแกรมย่อย AERMAP

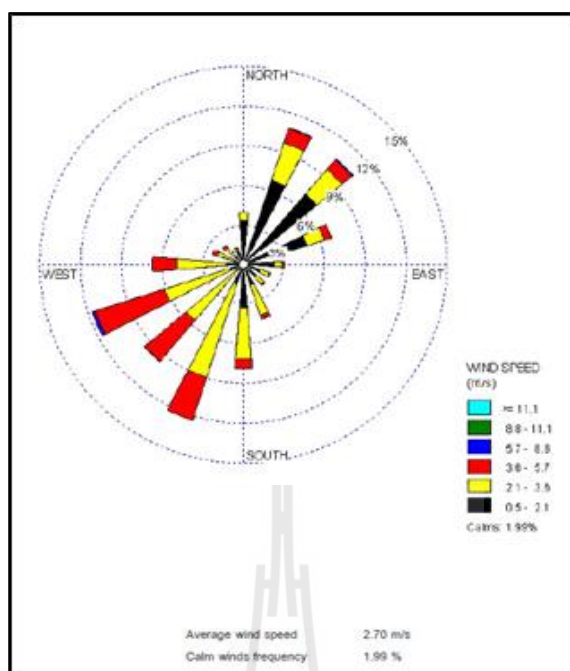
AERMAP ทำหน้าที่ประเมินผลกระทบที่เปลี่ยนไปของการแพร่กระจายบนพื้นที่ที่ซับซ้อนนั้น โดยจะต้องอาศัยข้อมูลความสูงต่ำของพื้นที่รายรอบด้วย โดย AERMOD จะประมวลหาความสูงของพื้นที่ที่มีผลต่อการแพร่กระจายของสารมลพิษมากที่สุดสำหรับจุดที่ต้องการคำนวณความเข้มข้นแต่ละจุด ความสูงของพื้นที่นี้คือ hill height scale โดย AERMAP ประกอบด้วย พิกัดอ้างอิงของพื้นที่ตำแหน่งของแหล่งกำเนิด ตำแหน่งผู้ได้รับผลกระทบและข้อมูลลักษณะความสูง (Terrain Data) ซึ่งอยู่ในรูปแบบมาตรฐาน เช่น STRM DEM (Shuttle Radar Topography Mission) โดยครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ 60 องศาเหนือถึง 56 องศาใต้ โดยเก็บข้อมูลความสูงทุกๆ 30 เมตร โดยประมาณในพื้นที่ของสหรัฐอเมริกา ส่วนพื้นที่นอกเหนือจากนั้นจะเป็นข้อมูลความสูงทุกๆ 90 เมตร หรือ GTOPO30 (Global digital elevation model) สามารถ download ได้จาก <http://www.webgis.com/> โดยเป็นฐานข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ต่างๆครอบคลุมทั่วโลกซึ่งมีระยะห่างของข้อมูลแต่ละจุดคือ 30 ลิปดาหรือประมาณ 1 กิโลเมตร เป็นต้น (วรารุณ เสือดี, 2551)

2.5.3 ตัวอย่างผลการคำนวณของแบบจำลอง

ตัวอย่างแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศจากโรงงานผลิตสารอะครีโลไนไตรล์และสารเมทิลเมตะครีเลต ในเขตนิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก จังหวัดระยองโดยมีการเตรียมข้อมูลสำหรับใช้กับแบบจำลองเพื่อประเมินการแพร่กระจายของมลพิษอากาศมีข้อมูล 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Data) และข้อมูลสภาพพื้นที่และผู้รับผลกระทบ (Receptor Data) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data)

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่นำมาจาก 2 แหล่ง คือ ข้อมูลของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมืองใหม่มาบตาพุด จากการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550 (ข้อมูลทิศทางลมและความเร็วแสดงดังรูปที่ 2.9) และข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาสตึก จากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2550 (ข้อมูลปริมาณเมฆและความสูงฐานเมฆ) ส่วนข้อมูลอากาศชั้นบนใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาบางนา จากกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2550 (ข้อมูลทิศทางลม ความเร็วลม อุณหภูมิ และความดันบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ) การใช้ข้อมูลลักษณะพื้นผิวกำหนดข้อมูลลักษณะพื้นผิวออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยลักษณะพื้นที่เกษตรกรรม (Cultivated land) ในฤดูร้อน (Summer) ซึ่งมีค่า Albedo ratio เท่ากับ 0.2 ค่า Bowen ratio เท่ากับ 0.5 และค่า Surface roughness length เท่ากับ 0.2 ลักษณะพื้นที่เขตเมือง (Urban) ในฤดูร้อน (Summer) ซึ่งมีค่า Albedo ratio เท่ากับ 0.16 ค่า Bowen ratio เท่ากับ 2 และค่า Surface roughness length เท่ากับ 1 ข้อมูลดังกล่าวได้ถูกนำมาจัดเตรียมในรูปแบบ CD-144 แล้วประมวลผลด้วยโปรแกรม AERMET ก่อนนำไปใช้กับแบบจำลอง AERMOD



รูปที่ 2.9 แผนผังแสดงทิศทางและความเร็วลมที่ตรวจวัดได้ในปี 2550
ของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศเมืองใหม่มาบตาพุด

- ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่ใช้เป็นข้อมูลเพื่อประมาณค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศ ซึ่งเกิดจากปล่องระบายอากาศจำนวน 3 ปล่อง ซึ่งมีอัตราการระบายมลพิษอากาศดังแสดงในตารางที่ 2.11

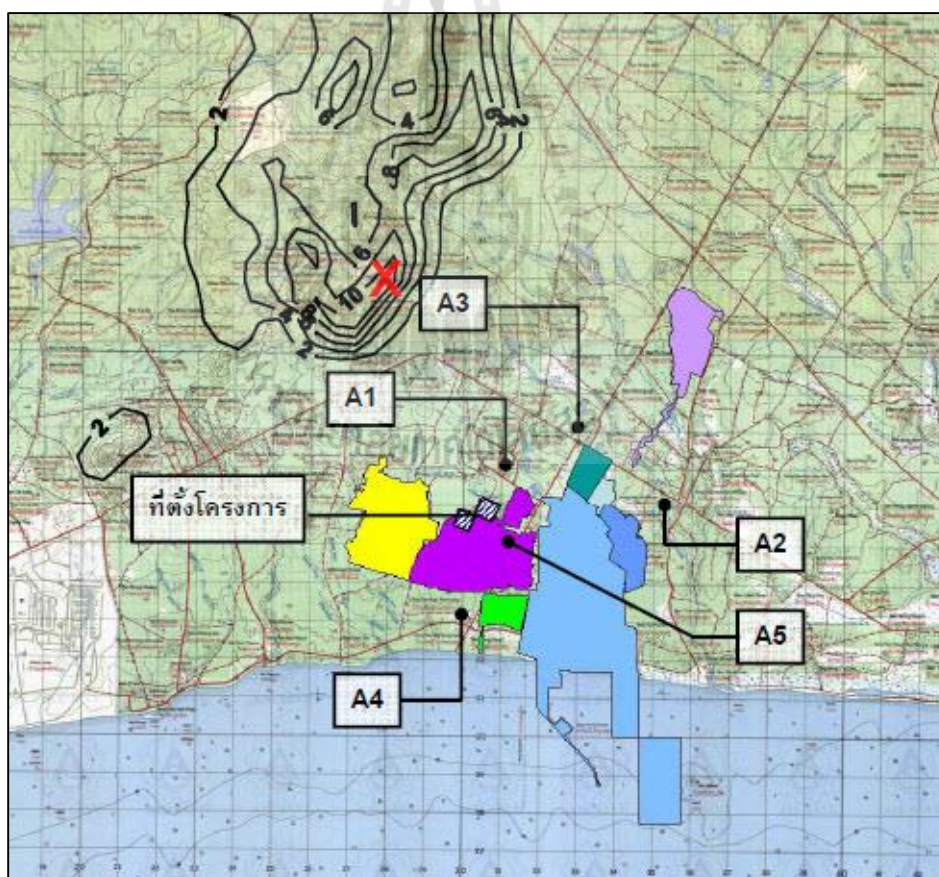
ตารางที่ 2.11 ข้อมูลเบื้องต้นของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด

แหล่งกำเนิด	ERU	WWI	SUR
ข้อมูลแหล่งกำเนิด			
Stack Height (Meter)	60	60	60
Stack Inside Diameter (Meter)	5.3	1.1	0.9
Stack Gas Exit (Velocity) (m/s)	10.13	28.47	8.56
Stack Gas Exit (Temperature) (Kelvin)	462	448	308
Ambient Air Temperature (Kelvin)	293	293	293
Emission Rate (NO ₂) (g/s)	2.71	1.69	0.44

- ข้อมูลสภาพพื้นที่และผู้รับผลกระทบ

ข้อมูลสภาพพื้นที่หรือข้อมูลภูมิประเทศใช้ข้อมูลนำเข้าคือ GTOPO30 ซึ่งเป็นข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถเข้าถึงได้ในระบบอินเทอร์เน็ตและสามารถนำเข้าแบบจำลองได้ทันทีในส่วนของผู้รับผลกระทบกำหนดจุดสังเกตไว้ 5 จุด คือ A1 : วัดมาบชลูด A2 : สถานีอนามัยมาบตาพุด A3 : ศูนย์วิจัยพืชไร่ A4 : วัดหนองแปน และ A5 : สำนักงานนิคมอุตสาหกรรมเหมราชตะวันออก (มาบตาพุด)

โดยผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เกิดขึ้นที่พิกัด (728000E , 1412000N) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมห่างจากพื้นที่โครงการไปทางทิศเหนือประมาณ 6.5 กิโลเมตร โดยตำแหน่งผู้รับมลพิษ A1 A2 A4 และ A5 มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 1 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยกเว้นตำแหน่ง A3 มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 2 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.10



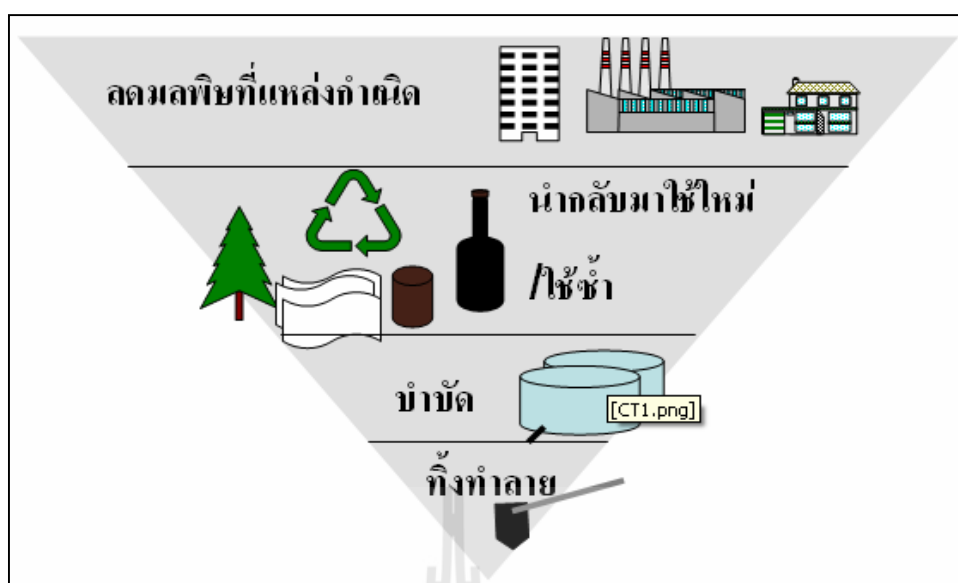
รูปที่ 2.10 ค่าความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงรอบพื้นที่โครงการ
(บริษัท แอร์เซฟ จำกัด, 2552)

2.6 เทคโนโลยีสะอาด

การจัดการสิ่งแวดล้อมในอดีตที่ผ่านมา มุ่งเน้นการบำบัดมลพิษที่ปลายทางหรือปลายท่อ (End of pipe) เป็นส่วนใหญ่ เช่น การบำบัดน้ำเสีย มลพิษทางอากาศและกากของเสียต่างๆ เป็นต้น ด้วยหวังว่าการกำจัดและควบคุมปริมาณมลพิษที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมนั้น จะสามารถยับยั้งหรือชะลอการเสื่อมถอยของสภาพแวดล้อมจากมลพิษที่ปล่อยออกได้ อย่างไรก็ดี เป็นที่ทราบทั่วไปว่า สิ่งแวดล้อมในปัจจุบันกำลังเสื่อมโทรมลงทุกขณะซึ่งยืนยันถึงความไม่เพียงพอและด้อยประสิทธิภาพของการจัดการมลพิษด้วยการบำบัด นอกจากนี้การบำบัดมลพิษส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายสูงและเป็นภาระของผู้ประกอบการโรงงานอยู่ตลอดเวลา และในมุมมองของผู้ประกอบการเองถือว่าเป็นการลงทุนที่ไม่ก่อให้เกิดผลกำไร ยิ่งไปกว่านั้นของเสียหรือมลพิษที่บำบัดแล้วส่วนใหญ่เป็นเพียงการเปลี่ยนของเสียหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งเท่านั้น จึงจัดได้ว่าเป็นการแก้ปัญหาก็ปลายเหตุ ซึ่งยังไม่ใช่วิธีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าการลงทุน

ดังนั้น การจัดการสิ่งแวดล้อมที่จะมีประสิทธิภาพและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการป้องกันและแก้ไขปัญหาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ ต้องมีแนวคิดที่เปลี่ยนไปจากเดิม โดยมุ่งเน้นที่เป็นการจัดการที่สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ทั้ง 2 ด้านไปพร้อมๆ กัน กล่าวคือ ก่อให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจควบคู่ไปกับการรักษาสภาพแวดล้อม

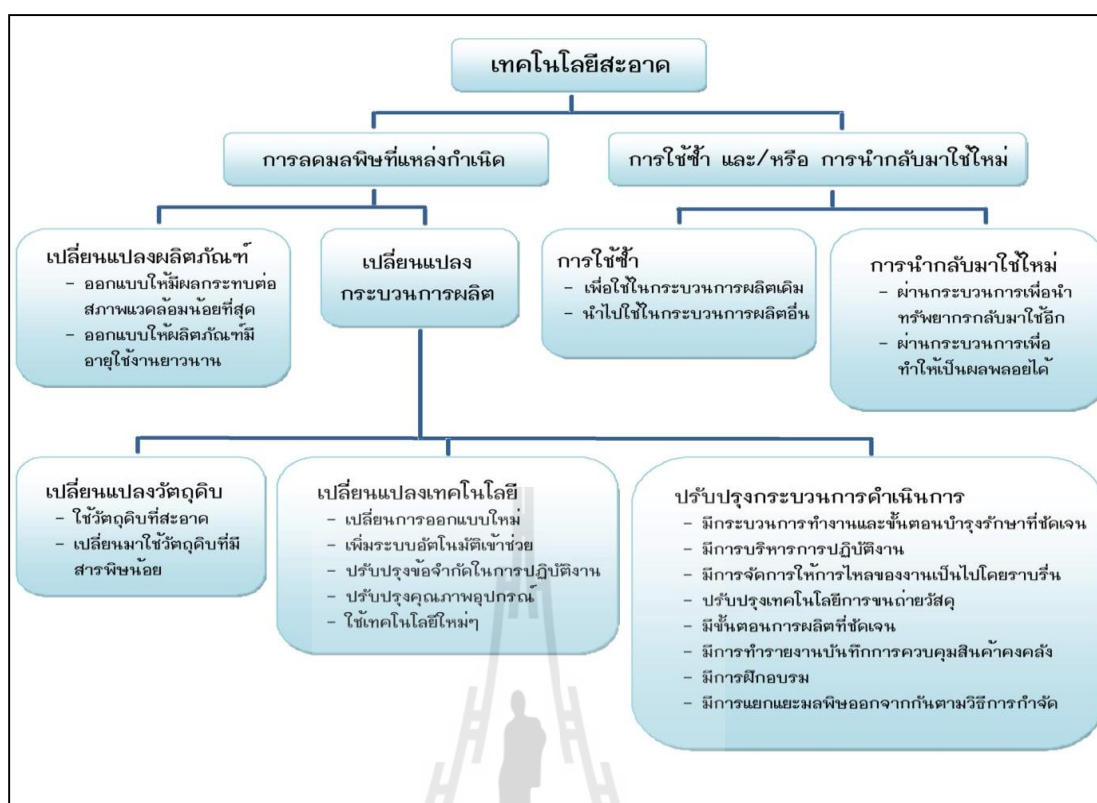
เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology / CT) เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการในลักษณะของการป้องกันมลพิษ (Pollution prevention) ที่มีการประยุกต์และผสมผสานกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้การดำเนินกิจกรรมของภาคการผลิตให้มีการป้องกันหรือลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพในการผลิตของภาคอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการ ลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) ซึ่งประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย รวมทั้งการลดปริมาณและ ความเข้มข้นขององค์ประกอบในของเสียด้วยการนำไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) จนไม่สามารถนำของเสียไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ก็จะนำไปบำบัดให้ถูกต้องตาม หลักวิชาการต่อไป โดยมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ดังนั้นเทคโนโลยีสะอาดจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือการจัดการในเชิงรุกที่มีประสิทธิภาพในการจัดการสิ่งแวดล้อมในยุคปัจจุบัน แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ลำดับความสำคัญในการจัดการของเสีย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)

2.6.1 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด

แบ่งออกเป็น 2 ด้านใหญ่ๆ คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและการนำกลับมาใช้ใหม่ แสดงดังรูปที่ 2.12 โดยเนื้อหาต่อไปนี้จะรวบรวมจากหลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีสะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)



รูปที่ 2.12 หลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)

1) การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด แบ่งได้เป็น 2 แนวทางใหญ่ๆ คือ การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์และการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

• การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์

ทำได้โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด หรือให้มีอายุการใช้งานยาวนานขึ้น ลดการใช้สารเคมีอันตรายที่มีผลในการผลิต การใช้งาน และการทำลายหลังการใช้งาน เช่น ปรับเปลี่ยนสูตรของผลิตภัณฑ์ เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อผู้บริโภคนำไปใช้ ยกเลิกการใช้ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และยกเลิกการบรรจุหีบห่อที่ไม่จำเป็น เป็นต้น

- การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

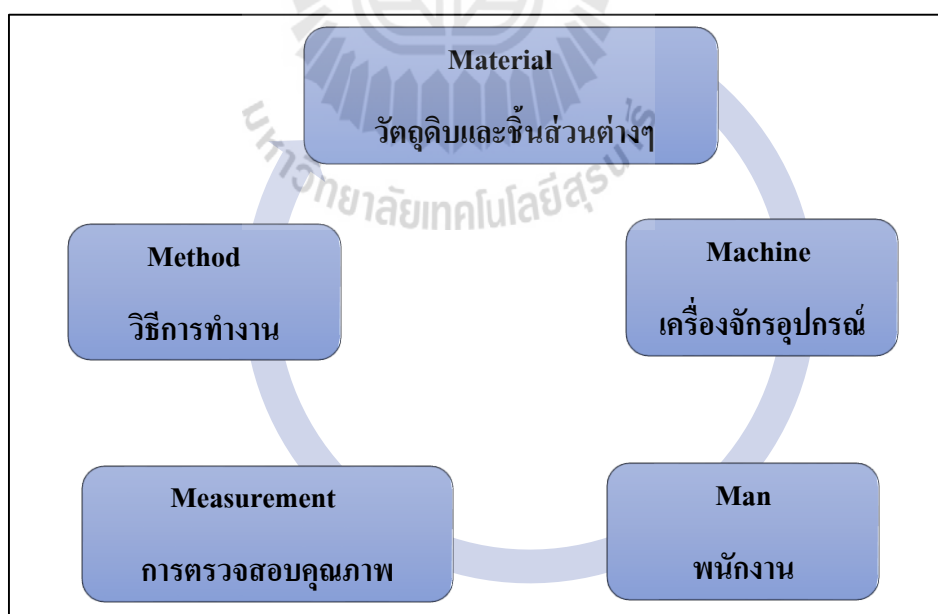
แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ การเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี และการปรับปรุงกระบวนการให้สะดวก รวดเร็ว และเกิดของเสียหรือของเหลือใช้น้อยลง

- การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change)

ทำได้โดยการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพ หรือมีความบริสุทธิ์สูง รวมทั้งการลดหรือยกเลิกการใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตราย เพื่อหลีกเลี่ยงการเติมสิ่งปนเปื้อนเข้าไปในกระบวนการผลิต และพยายามเลือกใช้วัตถุดิบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น การไม่ใช้หมึกพิมพ์ที่มีแคดเมียมเป็นสารประกอบ การไม่ใช้น้ำยาไฮยาไนด์ในการชุบผิวโลหะ เป็นต้น

- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี (Technology Improvement)

ทำได้โดยการออกแบบระบบการผลิตใหม่ เพิ่มระบบอัตโนมัติเข้าไปช่วยในการผลิต ปรับปรุงคุณภาพของอุปกรณ์ หรือแสวงหาเทคโนโลยีใหม่ที่สามารถช่วยให้เกิดของเสียหรือของเหลือจากการผลิตน้อยลงมาใช้ เช่น การจัดวางผังโรงงานใหม่ที่จะช่วยลดระยะการเคลื่อนย้ายวัสดุให้น้อยลง การควบคุมความเร็วมอเตอร์เพื่อควบคุมการสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น ซึ่งเงื่อนไขในการนำเทคโนโลยีมาปรับปรุงมีองค์ประกอบ 5 ประการ (5 M) ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เงื่อนไขในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี

(กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2547)

■ การบริหารการดำเนินการ (Operational Management)

ทำได้โดยปรับปรุงวิธีการผลิตเดิมโดยใช้เทคนิคการลด การรวม และ การทำขั้นตอนการผลิตให้ง่ายขึ้น รวดเร็วขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้เกิดของเสียจากการผลิตลดลง เช่น ในกรณีมีผลิตภัณฑ์หลายแบบ การวางแผนการผลิตที่ดีจะช่วยลดการที่ต้องเสียเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ก่อนเริ่มงาน เพราะเปลี่ยนแบบผลิตภัณฑ์เป็นต้น

2) การนำกลับมาใช้ใหม่

การนำกลับมาใช้ใหม่ แบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ การนำผลิตภัณฑ์เก่ากลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน และการใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน

● การใช้ผลิตภัณฑ์หมุนเวียน

ทำได้โดยการหาทางนำวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้ประโยชน์ หรือหาทางใช้ประโยชน์จากสารหรือวัสดุที่ปนอยู่ในของเสีย โดยการนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตเดิม หรือกระบวนการผลิตอื่นๆ

● การใช้เทคโนโลยีหมุนเวียน

เป็นการนำของเสียไปผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้สามารถนำเอากลับมาใช้ได้ อีก หรือเพื่อทำให้เป็นผลพลอยได้ เช่น การนำน้ำหล่อเย็น น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตหรือตัวทำละลาย ตลอดจนวัสดุอื่นๆ กลับมาใช้ใหม่ในโรงงาน การนำพลังงานความร้อนส่วนเกินหรือเหลือใช้ กลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ควรจะดำเนินการ ณ จุดกำเนิดของเสีย นั้นมากกว่าการขนย้ายไปจัดการที่อื่น โดยเฉพาะของเสียที่เกิดจากการปนเปื้อนของวัตถุดิบ เช่น การแยกน้ำเสียด้วยไฟฟ้าเพื่อแยกโลหะ เช่น ดีบุก ทองแดง หรือตะกั่ว เพื่อนำกลับมาใช้งาน ซึ่งจะทำให้ง่าย และมีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งลดอัตราเสี่ยงจากการปนเปื้อนในระหว่างการรวบรวม หรือขนถ่าย เป็นต้น ขั้นตอนการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาด

2.6.2 วิธีการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีสะอาด

ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, 2541) คือ

1) การวางแผนและการจัดตั้งทีมงาน (CT Planning & Organization)

การวางแผนและการจัดตั้งทีมมีวัตถุประสงค์เพื่อจะแสดงความร่วมมือในการกำหนดเป้าหมายในการทำเทคโนโลยีสะอาด

2) การตรวจประเมินเบื้องต้น (Pre assessment)

หลังจากที่ได้จัดทีมงานและทราบวัตถุประสงค์การทำงานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทีมงานจะเริ่มทำการกำหนดขอบเขตการพิจารณาและประเมินเบื้องต้นว่า ประเด็นใดบ้างที่เกิดความสูญเสียและสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ การประเมินเบื้องต้นอาศัยหลักวิชาการประกอบกับ

ประสบการณ์ในทางปฏิบัติของโรงงานในการกำหนดเกณฑ์การจัดลำดับความสำคัญของแต่ละประเด็นปัญหาที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์ ผลจากการประเมินนี้จะใช้เป็นแนวทางกำหนดบริเวณหรือทรัพยากรที่จะศึกษาต่อไป

3) การประเมินละเอียด (Detail assessment)

เมื่อได้ประเด็นที่เกิดความสูญเสียสูงและต้องการจะปรับปรุงให้ดีขึ้นแล้ว จึงเริ่มทำการประเมินละเอียดโดยจัดทำสมดุลมวลสารและพลังงานเข้า-ออก เพื่อให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดของของเสียและสาเหตุของการสูญเสีย จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์แนวทางในการแก้ไขปัญหาหรือเรียกว่า ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT option)

4) ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study)

การศึกษความเป็นไปได้นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลำดับความสำคัญของทางเลือกที่ได้จากขั้นตอนการประเมินละเอียดโดยพิจารณาองค์ประกอบ 3 ด้านคือ ความเป็นไปได้ทางเทคนิค หรือความเหมาะสมในการนำทางเลือกไปปฏิบัติ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ และความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม

● ความเป็นไปได้ทางเทคนิค

เป็นการพิจารณาแนวทางที่เสนอนั้นว่าสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ระบบหรือไม่เพียงใด ก่อให้เกิดผลกระทบต่อวิธีการทำงานของผู้ใช้ระบบหรือไม่ ความเหมาะสมระหว่างระบบกับคนในองค์กรและความสามารถในการปฏิบัติงานในระบบหรือเทคโนโลยีใหม่ ความเป็นไปได้ของการปรับหรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์เดิมที่มีอยู่แทนการใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ใหม่ หรือพิจารณาใช้อุปกรณ์และวิธีการใหม่ที่เหมาะสมให้ประโยชน์สูง และเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ

● ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

เป็นการศึกษาถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายของระบบหรือเทคโนโลยีใหม่ เปรียบเทียบกับระบบเก่า ความคุ้มค่าและผลตอบแทนที่จะได้รับสามารถคำนวณในรูปแบบหลักทางด้านเศรษฐศาสตร์ ดังต่อไปนี้

1. มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV : Net Present Value)

มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ เป็นการคำนวณเปรียบเทียบมูลค่าการลงทุนในปีต่างๆ กับผลประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุโครงการ โดยใช้อัตราส่วนลด (Discount Rate) แปลงค่าเป็นเงินปัจจุบันในกรณีที่ผลการคำนวณค่า NPV ได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุนด้วย จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า NPV ว่ามีค่าบวกมากหรือค่าน้อย

และในทางกลับกันหากผลการคำนวณค่า NPV ได้ค่าเป็นลบแสดงว่าโครงการไม่คุ้มค่าที่จะลงทุน
ดังมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

โดยที่	NPV	=	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
	n	=	จำนวนปีที่ใช้ประเมินทางด้านเศรษฐกิจ
	B_t	=	ผลประโยชน์ในปีที่ t
	C_t	=	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
	r	=	อัตราส่วนลด

2. อัตราผลตอบแทนภายใน (EIRR : Economic Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบัน
สุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ อัตรานี้จะแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนใน
โครงการ ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+R)^t} = 0$$

โดยที่	R	=	อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ
	B_t	=	ผลประโยชน์ในปีที่ t
	C_t	=	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t

3. ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน (B/C : Benefit Cost Ratio)

ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนมูลค่าเงิน
ปัจจุบันของผลประโยชน์ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุนโครงการ ถ้าอัตราส่วนของผลประโยชน์
ต่อการลงทุนหรือค่า B/C มากกว่า 1 หมายถึง โครงการจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน ดังมี
วิธีการคำนวณดังนี้

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

โดยที่	B/C	=	ผลประโยชน์ต่อค่าลงทุน
	B _t	=	ผลประโยชน์ในปีที่ t
	C _t	=	ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
	r	=	อัตราส่วนลด

4. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

วิธีนี้ประเมินว่าเมื่อลงทุนโครงการแล้วจะใช้ระยะเวลาเท่าไรจึงจะได้รับทุนคืน

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีก่อนคืนทุน} + \frac{\text{กระแสเงินสดที่เหลือ/กระแสเงินสดทั้งปี}}$$

- ความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม

เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีใหม่หรือระบบใหม่มีความสามารถในการลดมลพิษและส่งผลกระทบท่อสิ่งแวดล้อมมากหรือน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเก่าความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม การพิจารณาว่าเป็นทางเลือกที่ลดความเป็นพิษปริมาณมลพิษ ทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดวัตถุดิบและประหยัดทรัพยากร

5) ลงมือปฏิบัติและติดตามผล (Implementation & evaluation)

การลงมือปฏิบัติต้องมีแผนการทำงาน โดยละเอียดประกอบด้วย บริเวณเป้าหมายขั้นตอน ระยะเวลาและผู้รับผิดชอบอย่างชัดเจน เมื่อดำเนินกิจกรรมไปได้ระยะหนึ่งควรติดตามประเมินผลเพื่อให้แน่ใจว่าการปฏิบัติเป็นไปตามแผนงานที่กำหนดไว้หรือหากมีปัญหาจะได้ทบทวนแก้ไขต่อไป

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 มลพิษอากาศ

Kampa, M., & Castanas, E. (2008). มลพิษทางอากาศ เช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) สารอินทรีย์ระเหย (VOCs) โอโซน (O₃), โลหะหนักและอนุภาคฝุ่นละออง สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเราในหลายๆด้าน การศึกษาทางวิทยาศาสตร์จำนวนมากได้มีการเชื่อมโยงมลพิษทางอากาศไปถึงปัญหาทางด้านสุขภาพของประชาชน เช่น มลพิษทางอากาศทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เพิ่มความถี่และความรุนแรงของอาการทางเดินหายใจ เช่น หายใจลำบากและไอ เพิ่มความไวต่อระบบทางเดินหายใจ การติดเชื้อ มีผลต่อระบบประสาทรวมทั้งสมอง เช่น การสูญเสียไอคิวและมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ หน่วยความจำและพฤติกรรม การเกิดโรคมะเร็ง การเสียชีวิตก่อนวัยอันควร มลพิษทางอากาศยังสร้างความเสียหายต่อสภาพแวดล้อม ทำลายชั้นโอโซน รวมไปถึงสามารถสร้างความเสียหายต่อพืชผลการเกษตร

2.7.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คุณภาพอากาศกับโรงงานอุตสาหกรรม

วรารุช เสือดี และ สรณ สุวรรณโชติ (2548) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีในการนำข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper air data) ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีวิธีการในการนำข้อมูลดังกล่าว 2 วิธี คือ การนำเข้าโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ โดยการใช้การค่าเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ ตามความสูงจริงและการประมาณค่าโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ โดยอาศัยทฤษฎีความคล้าย (Similarity theory) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำนายโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD โดยการนำเข้าข้อมูลจริงและการประมาณค่าโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ โดยอาศัยทฤษฎีความคล้าย โดยในการศึกษาใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในปี พ.ศ. 2549 ของสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานครในการและเลือกใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารมลพิษทางอากาศที่ทำการศึกษาโดยใช้พื้นที่บริเวณนิคมอุตสาหกรรม นวนครเป็นพื้นที่ในการศึกษาซึ่งจากการศึกษา พบว่า ผลการทำนายความเข้มข้นของสารมลพิษโดยใช้วิธีการทั้งสองมีความแตกต่างกันไม่สามารถใช้แทนกันได้ตามหลักการดังกล่าว

ดวงพร ทองประเสริฐ (2548) ศึกษาการประเมินขีดความสามารถในการรองรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สำหรับแหล่งกำเนิดใหม่ ในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยใช้แบบจำลอง ISCST พบว่า เมื่อกำหนดให้ขีดจำกัดของสิ่งแวดล้อม คือ คุณภาพอากาศที่ร้อยละ 90 ของค่ามาตรฐานฯ พื้นที่นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบังยังคงมีความสามารถในการรองรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มได้อีกในอนาคต เนื่องจากค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดประเมินจาก

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ISCST3) บวกกับความเข้มข้นที่มีอยู่เดิมเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมงและ 1 ปี มีค่า 636.3, 167.9 และ 36.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่าขีดจำกัดของสิ่งแวดล้อม ทุกกรณี (702, 270 และ 90 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ) นั่นคือความสามารถในการรองรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอนาคตของพื้นที่นั้นๆ ที่เหลือน้อยที่สุด มีค่าความเข้มข้น 65.7, 102.1 และ 53.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบายสารมลพิษ (กรัม/วินาที/ตารางเมตร) กับความเข้มข้นสารมลพิษ (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) ของแหล่งกำเนิดใหม่ ในพื้นที่นั้นๆ เมื่อความสูงแหล่งกำเนิด 10, 15, 20, 45 และ 60 เมตร พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสัมพันธ์นี้นำมาใช้หาอัตราการระบายสารมลพิษต่ำสุดจากการพิจารณากรณีค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุด ค่าดังกล่าวนำไปสร้างเส้นอัตราการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เท่ากันในพื้นที่ศึกษา ที่แต่ละระดับความสูงของแหล่งกำเนิด 10 เมตร โดยใช้อัตราการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ คือ ความสูงแหล่งกำเนิด 10 เมตร มีค่า 0.19–1.18 กิโลกรัม/ไร่/วัน ที่ความสูงแหล่งกำเนิด 15 เมตรมีค่า 0.31 – 1.93 กิโลกรัม/ไร่/วัน ที่ความสูงแหล่งกำเนิด 20 เมตร มีค่า 0.45 – 2.79 กิโลกรัม/ไร่/วัน ที่ความสูงแหล่งกำเนิด 45 เมตร มีค่า 1.12 – 6.88 กิโลกรัม/ไร่/วัน ที่ความสูงแหล่งกำเนิด 60 เมตร มีค่า 1.63 – 10.00 กิโลกรัม/ไร่/วัน

สรณ์ สุวรรณโชติ (2548) ศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ISCST และ AERMOD ในการทำนายความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ระหว่างการทำนายด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST และแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับผลการตรวจวัดจริง ด้วยการใช้สถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 ประชากรแบบจับคู่ (Paired-t-test) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับผลการตรวจวัดจริง ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Pearson และการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple linear regression) โดยวิธีเปรียบเทียบสองประชากรแบบจับคู่ พบว่า ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงและเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งกรณีพื้นราบและพื้นที่ที่มีความซับซ้อน ส่วนความเข้มข้นเฉลี่ย 8 ชั่วโมง พื้นที่ราบมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1 ปี มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกรณี ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์พบว่า แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถทำนายความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมง เฉลี่ย 8 ชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงได้ดีกว่า แบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD และแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อทำการทดสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบกับค่าที่

ตรวจวัดจริง ผลการทนายที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ไม่ได้ดีกว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ ISCST

โสภา ชินเวชกิจวานิชย์ (2553) ทำการศึกษาความสัมพันธ์อัตราการระบายมลพิษทางอากาศจากปล่องและขนาดของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (SCREEN3) โดยทำการเปรียบเทียบค่าอัตราการระบาย NO_x ที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SCREEN3 (เป็นอัตราสูงสุดที่ยอมให้ระบายได้โดยไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นของ NO_2 ในบรรยากาศสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ 320 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร) โดยทดสอบเปลี่ยนค่าต่างๆ ที่ป้อนให้กับโปรแกรมดังต่อไปนี้

- 1) แปลค่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง ตั้งแต่ 5 – 8 เมตร
- 2) แปลค่าความสูงปล่องตั้งแต่ 30 – 150 เมตร
- 3) แปลค่าความเร็วก๊าซที่ระบาย 3 ค่า ได้แก่ 19.2, 22 และ 30 เมตร/วินาที
- 4) แปลค่าอุณหภูมิก๊าซที่ออกจากปล่องตั้งแต่ 358.8 – 373.8 องศาเซลเซียส (85.8 – 100.8 องศาเซลเซียส)

5) แปลค่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกปล่องตั้งแต่ 293 – 313 องศาเซลเซียส (20 – 40 องศาเซลเซียส) สำหรับเงื่อนไขอื่นๆ ได้กำหนดให้เป็นเช่นเดียวกันกับที่ใช้ในการศึกษาของเอกสารดังกล่าว คือ

- Dispersion Coefficient - Rural
- Building downwash - No
- Complex Terrain - No
- Simple Terrain - Flat Terrain
- Fumigation - No

ตัวอย่างผลการศึกษา

- 1) แปลค่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง

เมื่อใช้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่องที่ป้อนให้โปรแกรมคำนวณตั้งแต่ 5 – 8 เมตร โดยกำหนดลักษณะอื่นของปล่องให้มีค่าเท่ากัน ได้แก่ ความเร็วก๊าซที่ระบายจากปล่อง 19.2 เมตร/วินาที อุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากปล่อง และอุณหภูมิของบรรยากาศภายนอกเท่ากับ 373.8 และ 293 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อีกทั้งได้เพิ่มการพิจารณาที่ความสูงปล่อง 35 เมตร ควบคู่กับความสูงที่ 60 เมตร เดิมด้วย ที่เส้นผ่านศูนย์กลางปล่องตั้งแต่ 5 – 8 เมตร พบค่าอัตราการระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้ตั้งแต่ 377– 725 กรัม/วินาที (ความสูงปล่องเท่ากับ 35 เมตร) และตั้งแต่ 386 – 745 กรัม/วินาที (ความสูงปล่องเท่ากับ 60 เมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการระบาย NO_x ที่ขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 7 เมตร จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 5 เมตร ทำให้ได้ค่าอัตราการระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้ มีค่าต่ำลงประมาณร้อยละ 35 สำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 8 เมตร ทำให้ได้อัตราการระบายสูงขึ้นร้อยละ 26 โดยประมาณ ทั้งนี้ความสูงปล่องที่ 35 และ 60 เมตร แทบจะไม่ทำให้ได้ค่าอัตราการระบายที่แตกต่างกันมากนัก

2) แปลค่าความสูงปล่อง

เมื่อใช้ความสูงปล่องตั้งแต่ 30 – 150 เมตร และกำหนดลักษณะอื่นของปล่อง ให้มีค่าเท่ากัน ร่วมกับการพิจารณาที่เส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง 6, 7 และ 8 เมตร ผลการคำนวณอัตราการระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้ คือ มีค่าตั้งแต่ 435 – 527 กรัม/วินาที, 576 – 668 กรัม/วินาที และ 719 – 782 กรัม/วินาที ที่เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 6, 7 และ 8 เมตร ตามลำดับ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการระบาย NO_x และความสูงปล่องมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง (ค่า $R^2 = 0.9615 - 0.9894$) โดยเส้นกราฟที่เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 6 และ 7 เมตรมีค่าความชันของกราฟเส้นตรงเกือบเท่ากัน (0.7748 และ 0.7745) หมายถึง ความสูงปล่องที่เปลี่ยนไปทุกๆ 1 เมตร ทำให้ค่าอัตราการระบาย NO_x เปลี่ยนแปลงไป 0.7748 และ 0.7745 กรัม/วินาที ตามลำดับ แต่ที่เส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 8 เมตร มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า คือ 0.5197 กรัม/วินาที แต่จะเห็นได้ว่าเส้นผ่าศูนย์กลางปล่องที่แตกต่างไป มีผลทำให้อัตราการระบาย NO_x เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าความสูงปล่องเมื่อพิจารณาระยะทางจากปล่องถึงตำแหน่งที่เกิดค่าความเข้มข้น NO_2 ในบรรยากาศสูงสุด พบว่าความสูงปล่องที่เปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 30 – 150 เมตร แทบจะไม่มีผลแตกต่างกัน แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 6 เมตร ทำให้ระยะทางดังกล่าวต่ำกว่าเล็กน้อยในระดับไม่เกิน 100 เมตร สำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 7 และ 8 เมตร นั้นแทบจะไม่แตกต่างกัน

3) แปลค่าความเร็วก๊าซ, อุณหภูมิก๊าซจากปล่องและอุณหภูมิบรรยากาศภายนอก

ในกรณีนี้เลือกศึกษาแปลความเร็วก๊าซที่ออกจากปล่อง 3 ค่า ได้แก่ 19.2, 22 และ 30 เมตร/วินาที พร้อมทั้งแปลค่าอุณหภูมิก๊าซที่ออกจากปล่องตั้งแต่ 358.8 – 373.8 องศาเซลเซียส (85.8 – 100.8 องศาเซลเซียส) และ อุณหภูมิในบรรยากาศตั้งแต่ 293 – 313 องศาเซลเซียส (20 – 40 องศาเซลเซียส) โดยพิจารณาเฉพาะปล่องที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เมตร และใช้ความสูงปล่อง 35 เมตร กรณีศึกษาเกี่ยวกับเส้นผ่าศูนย์กลางปล่อง 6 เมตร (ความสูงปล่อง 35 เมตร) และความเร็วก๊าซที่ออกจากปล่อง 19.2 เมตร/วินาที อุณหภูมิก๊าซระบายออกจากปล่องเท่ากับ 373.8 องศาเซลเซียส อัตราการระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น โดยอัตราการระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้มีค่าตั้งแต่ 437 กรัม/วินาที (อุณหภูมิในบรรยากาศ 293 องศาเซลเซียส) และลดลงเป็น 406 กรัม/วินาที (อุณหภูมิในบรรยากาศ 313 องศาเซลเซียส) แต่การลดลงตามอุณหภูมิในบรรยากาศชัดเจนมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิก๊าซที่ออกจากปล่องลดเหลือ 358.8 องศาเซลเซียส คือ มีอัตรา

การระบาย NO_x ที่ยอมให้ระบายได้มีค่าตั้งแต่ 421 กรัม/วินาที (ที่ 293 องศาเซลวิน) และลดลงเป็น 323 กรัม/วินาที (ที่ 313 องศาเซลวิน)

Yang, D.-X., Yau, K.-H., Zhao, X.-H., & The, J. L. (2010). ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการประมาณค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศจากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD กับแบบจำลองคุณภาพอากาศ EIAA ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน โดยมีลักษณะคล้ายกับแบบจำลอง ISC3 โดยพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ ณ รัฐอลาสก้า ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศทางสถิติแบบ Quantile-Quantile plots พบว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีค่าความสัมพันธ์กับค่าตรวจวัดจริง (Normalised correlation) เท่ากับ 0.7716 ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศ EIAA มีค่าความสัมพันธ์กับค่าตรวจวัดจริง 0.0320 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีความสามารถในการประมาณค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ EIAA

Ding, F. (2012). ได้ทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากมลพิษอากาศของโรงไฟฟ้า ณ เมืองหนิงป้อ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนโดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD โดยทำการศึกษามลพิษอากาศ 2 ชนิด คือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ครอบคลุมพื้นที่ 2,400 ตารางเมตร ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายวันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วงระหว่าง 40 ถึง 80 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเทียบเท่ากับ 26.7% ถึง 53.3% ของค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศและค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วงระหว่าง 20 ถึง 70 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเทียบเท่ากับ 16.7% ถึง 58.3% ของค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยรายวันของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณใกล้เคียงโรงไฟฟ้ามีค่าความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่พบว่าที่ระยะห่างออกไปกว่า 200 เมตร ในบริเวณนี้มีค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์สูงกว่า 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างถึง 150 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมลพิษอากาศทั้ง 2 ชนิดเป็นสาเหตุทำให้เกิดฝนกรด

Zade, S., & Ingole, N. W. (2015). ได้ทำการประเมินผลกระทบคุณภาพอากาศของโรงงานผลิตคาร์บอน ตั้งอยู่ในเขตอุตสาหกรรม Patalganga ประเทศอินเดีย โดยทำการประมาณค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ครอบคลุมพื้นที่หมู่บ้านที่มีประชาชนอาศัยอยู่เป็นระยะทาง 5 กิโลเมตรจากโรงงานและกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษทั้งหมด 6 ตำแหน่ง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) พบว่ามลพิษอากาศที่ปล่อยออกจากโรงงานผลิตคาร์บอนมีค่าไม่เกินมาตรฐานและ

งานวิจัยนี้ยังทำให้ทราบถึงแนวโน้มและทิศทางความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นของโรงงานผลิตคาร์บอน

2.7.3 เทคโนโลยีสะอาด

กรมควบคุมมลพิษ (2555) แนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกควันมลพิษอากาศจากอุตสาหกรรม คือนำฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศเชิงพื้นที่มาวิเคราะห์ เพื่อจัดลำดับความสำคัญและเร่งด่วนของปัญหาและจัดทำมาตรการ หลักเกณฑ์ คู่มือ ต่างๆ เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมปฏิบัติตาม ผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อมจากมลพิษอากาศที่ระบายจากอุตสาหกรรม

กรมควบคุมมลพิษ (2555) การดำเนินงานเพื่อจัดการมลพิษจากภาคอุตสาหกรรม การผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยการกำหนดแนวทางและมาตรการควบคุมและลดมลพิษเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะมุ่งลดปริมาณมลพิษทางอากาศในพื้นที่พัฒนาอุตสาหกรรม โดยศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลการระบายมลพิษทางอากาศเชิงพื้นที่เพื่อจัดลำดับความสำคัญและความเร่งด่วนของปัญหา ตลอดจนสามารถนำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์และเงื่อนไขเพื่อส่งเสริมการลงทุนและการอนุญาตประกอบกิจการ

สำนักงานสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลเลิดสิน (2542) โรงพยาบาลเลิดสินได้มีการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ซึ่งจะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำได้ประมาณ 12-15% และช่วยลดปริมาณน้ำประปาที่ใช้ป้อนหม้อไอน้ำด้วย ประกอบกับการที่น้ำคอนเดนเสทมีความบริสุทธิ์กว่าน้ำประปา จึงช่วยลดการสูญเสียความร้อน เนื่องจากช่วยลดอัตราการเกิดตะกรันภายในท่อไอน้ำด้านในให้น้อยลง การดำเนินการปรับปรุงทางเทคโนโลยีสะอาด โดยการนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่นี้ สามารถลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาได้ 14,965 ลิตร/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 97,272 บาท (ลดลง 5.2%) และลดปริมาณน้ำประปาซึ่งป้อนเข้าหม้อไอน้ำได้ 1,971 ลูกบาศก์เมตร/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 19,710 บาท/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 19,710 บาท/ปี (67.5%) โดยรวมเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ทั้งสิ้น 116,982 บาท/ปี ระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 2.82 ปี ผลประโยชน์ที่ได้รับ คือ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากร ทั้งที่เป็นน้ำมันเตาและน้ำใช้ลง รวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ลดลงอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาของงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีการดำเนินงานของหลักการเทคโนโลยีสะอาด ดังรูปที่ 3.1 โดยประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ (1) ติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษา (2) การรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ (3) ประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศขั้นคัดกรอง (SCREEN3) (4) การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบสมบูรณ์ (AERMOD) (5) การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options) (6) การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา

3.1.1 ขั้นตอนที่ (1) การติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษา

ทำการติดต่อและคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาที่มีความพร้อมในการเข้าร่วมการศึกษา 1 แห่ง โดยมีปัจจัยในการคัดเลือกโรงงานที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

- 1) มีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่หลากหลายที่จะทำการศึกษา
- 2) มีข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของโรงงาน
- 3) มีระบบบำบัดมลพิษอากาศและระบบระบายอากาศของโรงงาน
- 4) มีความพร้อม ความร่วมมือในงานวิจัย อยู่ใกล้และสะดวกที่จะเข้าไป

ทำการศึกษาเก็บข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ

3.1.2 ขั้นตอนที่ (2) การรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ

ในการรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศของงานวิจัยนี้ มีข้อมูลที่จำเป็นต่อการศึกษา ได้แก่ ลักษณะแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ ชนิดสารมลพิษอากาศ ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ การประมาณการปล่อยมลพิษอากาศ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลจากหน่วยงานภายนอกดังแสดงในรูปที่ 3.2 โดยผลการรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้น (Surface Air Data)
- 2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper Air Data)
- 3) ข้อมูลความสูงของพื้นที่ (Terrain Data)
- 4) ข้อมูลค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้น (Surface Characteristics)
- 5) ข้อมูลมาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air Quality Standard)
- 6) ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Source Data)
- 7) ข้อมูลผู้รับมลพิษอากาศ (Receptor Data)

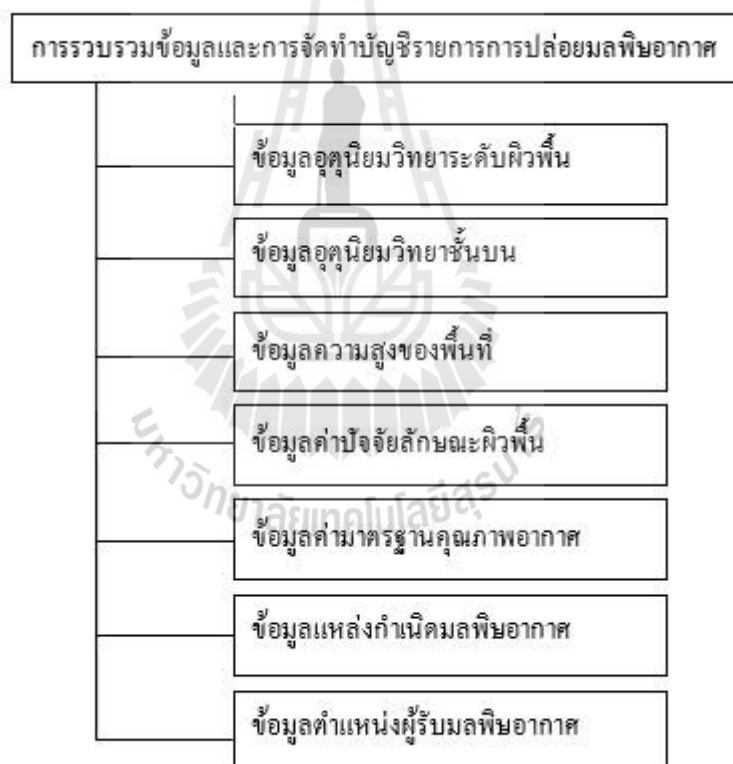
ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด (Point Source) และ แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบพื้นที่ (Area Source) โดยจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ โดยข้อมูลสำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด ประกอบไปด้วย

- 1) พิกัดแหล่งกำเนิด (UTM)
- 2) ความสูงแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตร
- 3) เส้นผ่าศูนย์กลางปากปล่องแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตร
- 4) อุณหภูมิก๊าซที่ไหลผ่านปากปล่องแหล่งกำเนิดในหน่วยเคลวิน
- 5) ความเร็วก๊าซที่ไหลผ่านปากปล่องแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตรต่อวินาที

6) อัตราการปล่อยสารมลพิษทางอากาศในหน่วยกรัมต่อวินาที

ในส่วนของแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศแบบพื้นที่ ประกอบไปด้วย

- 1) พิกัดแหล่งกำเนิด (UTM)
- 2) อัตราการไหลของมลพิษทางอากาศในกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร
- 3) ความสูงของแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตร
- 4) ความกว้างของแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตร
- 5) ความยาวของแหล่งกำเนิดในหน่วยเมตร
- 6) ทิศทางพื้นที่เทียบจากทิศเหนือในหน่วยองศา



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษทางอากาศ

3.1.3 ขั้นตอนที่ (3) การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศขั้นคัดกรอง (SCREEN3)

ในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศในขั้นคัดกรอง โดยทราบตำแหน่งของแหล่งกำเนิดที่แน่นอน และใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศจากขั้นตอนที่ (2) เข้าประเมินในแบบจำลอง SCREEN3

3.1.4 ขั้นตอนที่ (4) การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบสมบูรณ์ (AERMOD)

เมื่อดำเนินการตรวจสอบหาแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญได้แล้วจะนำข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญ (Major Source) มาทำการประเมินละเอียดโดยแบบจำลอง AERMOD โดยใช้ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศจากขั้นตอนที่ (2)

3.1.5 ขั้นตอนที่ (5) การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options)

ในขั้นตอนนี้เป็นการใช้หลักการของเทคโนโลยีสะอาดในการลดผลกระทบแหล่งมลพิษอากาศที่สำคัญโดยจะทำการต้องศึกษากระบวนการผลิต ศึกษาเทคโนโลยีที่เป็นทางเลือกและปรึกษากับบุคลากรของโรงงานที่จะการศึกษาเพื่อคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสมร่วมกัน จากทางเลือกดังกล่าวจะทำการวิเคราะห์ผลในการลดมลพิษอากาศโดยการปรับเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง และพิจารณาผลการทำนายความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่ได้จากแต่ละทางเลือกดังแสดงในรูปที่

3.5



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด (CT Options)

3.1.6 ขั้นตอนที่ (6) การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหามลพิษอากาศโดยหลักการเทคโนโลยีสะอาดจากการปรับเปลี่ยนตามทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด โดยพิจารณาองค์ประกอบ 3 ด้านคือ ความเป็นไปได้ทางเทคนิคหรือความเหมาะสมในการนำทางเลือกไปปฏิบัติ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ และความเหมาะสมด้านสิ่งแวดล้อม

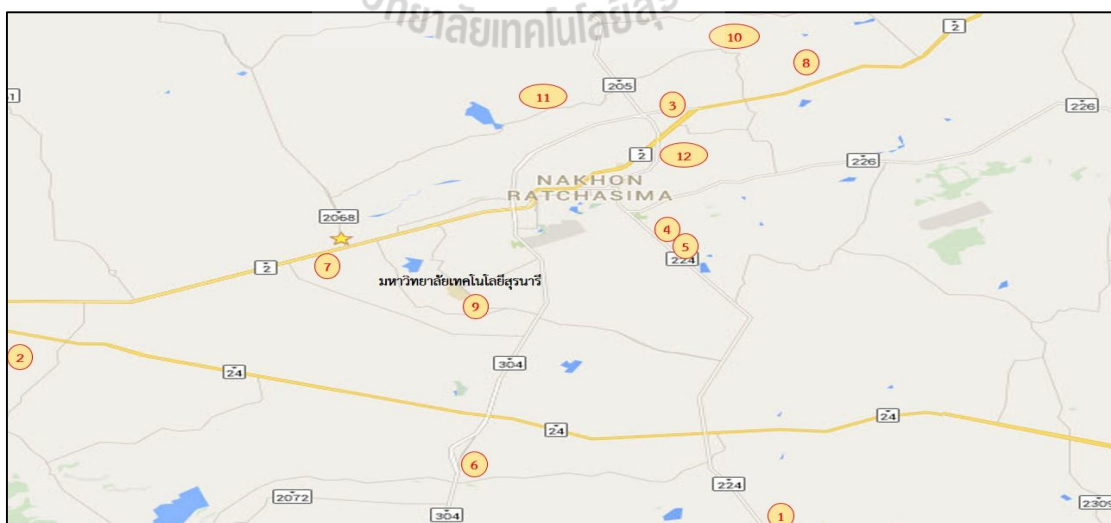


บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การติดต่อและคัดเลือกโรงงานที่จะทำการศึกษา

การติดต่อและคัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ในการศึกษาเป็นโรงงานขนาดกลางในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา โดยได้ทำการหาข้อมูลจากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดนครราชสีมา และได้ทำการปรึกษากับสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 นครราชสีมา เพื่อทำการคัดเลือกโรงงานที่เหมาะสมที่จะนำมาทำการศึกษาโดยเบื้องต้นได้ทำการคัดเลือกจากข้อมูลของขนาดโรงงาน จำนวน คนงาน มลพิษที่เกิดขึ้นในโรงงาน ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโรงงานและการร้องเรียนจากประชาชน โดยในครั้งแรกได้คัดเลือกโรงงานได้ทั้งหมด 12 โรงงานดังแสดงในตารางที่ 4.1 และแสดงตำแหน่งแผนที่ของโรงงานในรูปที่ 4.1 โดยได้ทำการลงพื้นที่สำรวจและขอข้อมูลของโรงงานเบื้องต้นเพื่อนำมาคัดเลือกละเอียดโดยดูจากปัจจัยในการคัดเลือกโรงงานที่ใช้สำหรับการศึกษา และได้ทำการติดต่อเพื่อเข้าไปให้ข้อมูลและรายละเอียดของงานวิจัยทั้งหมดจำนวน 5 โรงงาน คือ โรงน้ำตาลครบุรี บริษัท นิสเทิร์น อินดัสทรี จำกัด บริษัท ซี.ไอแกเนติก คาร์บอน จำกัด บริษัท อุตสาหกรรมไหมไทย จำกัดและบริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งของโรงงานที่คัดเลือกเบื้องต้น

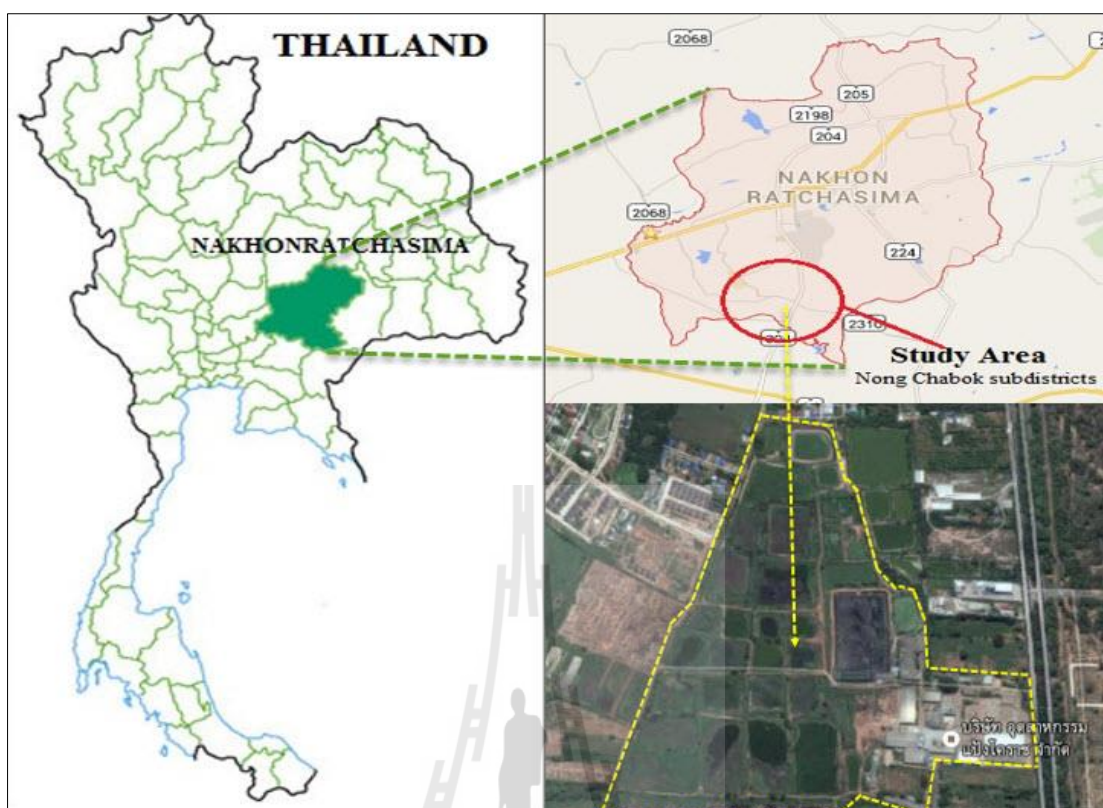
ตารางที่ 4.1 รายชื่อโรงงานที่ได้ทำการคัดเลือกเบื้องต้น

รายชื่อโรงงาน	ที่อยู่	ประเภทอุตสาหกรรม	ประเภทมลพิษอากาศ
1. โรงน้ำตาลครบุรี	ตำบลจระเข้หิน อำเภอครบุรี	โรงน้ำตาล	ฝุ่นจากอ้อย ก๊าซจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. บริษัท สีลาสากลพัฒนา จำกัด	ตำบลหนองน้ำแดง อำเภอปากช่อง	โรงโม้หิน	ฝุ่นจากการระเบิดหิน
3. บริษัท นิสเทิร์น อินดัสทรี จำกัด	ตำบลจอหอ อำเภอเมือง	ผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้	ฝุ่นจากการตัดไม้และเจียรไม้
4. บริษัท ซี.ไอแกนติก คาร์บอน จำกัด	ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมือง	ผลิตถ่านกัมมันต์	ก๊าซจากการเผาไหม้
5. บริษัท แคลกอน คาร์บอน (ประเทศไทย) จำกัด	ตำบลหนองบัวศาลา อำเภอเมือง	ผลิตถ่านกัมมันต์	ก๊าซจากการเผาไหม้
6. บริษัท อุตสาหกรรมไหมไทย จำกัด	ตำบลตะขบ อำเภอบักรังชัย	ผ้าไหม	สารระเหยจากกระบวนการผลิต
7. บริษัท ราชสีมาผลิตเหล็ก จำกัด	ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง	แปรรูปเหล็ก	ก๊าซจากการเผาไหม้ฝุ่นเศษเหล็กจากกระบวนการผลิต
8. บริษัท โรงสีชัยภูมิรุ่งเรืองชัย (ประเทศไทย) จำกัด	ตำบลบ้านโพธิ์ อำเภอเมือง	โรงสีข้าว	ฝุ่นจากกระบวนการผลิตและกองเก็บวัตถุดิบ
9. บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด	ตำบลหนองจะบก อำเภอเมือง	แป้งมันสำปะหลัง	ฝุ่นจากลานกองวัตถุดิบ ก๊าซจากการเผาไหม้
10. โรงผลิตลูกชิ้น (โคกสูง)	ตำบลโคกสูง อำเภอเมือง	ผลิตลูกชิ้น	ก๊าซจากการเผาไหม้
11. โรงงานกลั่นสุรา (พุดซา)	ตำบลพุดซา อำเภอเมือง	ผลิตสุรา	ก๊าซจากการเผาไหม้
12. โรงสีข้าว (จอหอ)	ตำบลจอหอ อำเภอเมือง	โรงสีข้าว	ฝุ่นจากกระบวนการผลิตและกองเก็บวัตถุดิบ

หลังจากทำการติดต่อและได้เข้าไปให้ข้อมูลรายละเอียดของงานวิจัยกับโรงงานทั้งหมดพบว่าบริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด มีความเหมาะสมสำหรับการทำงานวิจัย เนื่องจากมีขนาดโรงงานที่เหมาะสม มีปัญหาของมลพิษอากาศที่อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยและให้ความร่วมมืออย่างดี บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด ตั้งอยู่บริเวณทางหลวงหมายเลข 304 ตำบลหนองจะ

บก อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา (รูปที่ 4.2) ซึ่งมีระยะทางห่างจากตัวเมืองนครราชสีมาประมาณ 15 กิโลเมตร มีขนาดพื้นที่ 355 ไร่ ประกอบไปด้วย อาคารสำนักงาน ลานกองวัดถุดิบและตัวโรงงานในส่วนต่างๆ โดยมีทุนจดทะเบียน 130 ล้านบาท มีพนักงานทั้งหมด 196 คน และมีอัตราผลผลิตแป้ง 500 ตันต่อวัน โดยแป้งที่ผลิตได้ทำการจำหน่ายทั้งในประเทศและต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศในแถบทวีปเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีนฮ่องกง มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์

การศึกษานี้กำหนดขอบเขตพื้นที่ทำการศึกษานาด 9 ตารางกิโลเมตร (3 กิโลเมตร \times 3 กิโลเมตร) โดยมีตำแหน่งบนระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) คือ จุดศูนย์กลาง $102^{\circ}04'04.0''E$, $14^{\circ}53'48.5''N$ จากการทบทวนข้อมูลพื้นฐานพบว่าพื้นที่ตำบลหนองจะบกมีความหนาแน่นของประชากร 494 คนต่อตารางกิโลเมตร มีประชากรประมาณ 11,637 คนในปี 2010 มีลักษณะภูมิอากาศเป็นเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเมืองร้อน (Tropical Savanna Climate : Aw) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เขตภูมิอากาศแบบสะวันนา (Savanna Climate) ซึ่งเป็นลักษณะอากาศที่มีฤดูแล้งสลับฤดูฝนอย่างเด่นชัด โดยมีปริมาณฝนรวมเฉลี่ยทั้งปี วัดได้ 1,034.7 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปี 70 เปอร์เซ็นต์ สภาพภูมิอากาศในภูมิภาคนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ โดยสามารถแบ่งฤดูกาลออกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน (Rain Season) เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูหนาว (Winter Season) เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ วัดอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยได้ 17.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยวัดได้ เท่ากับ 6.2 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม ฤดูร้อน (Summer Season) เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม สามารถวัดอุณหภูมิได้สูงถึง 40 องศาเซลเซียส ขึ้นไป โดยพบว่าอุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยวัดได้ 42.7 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.4 องศาเซลเซียส

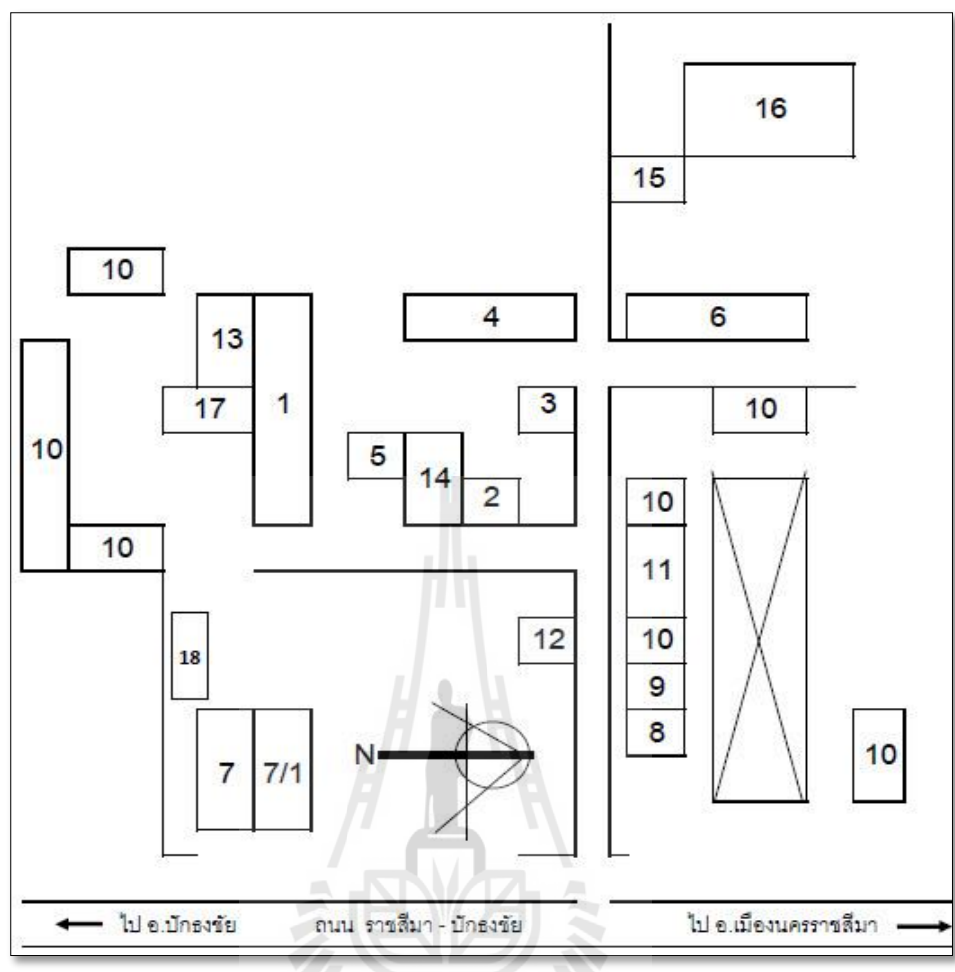


รูปที่ 4.2 พื้นที่ศึกษา

สำหรับข้อมูลในส่วนของอาคารและสถานที่บริเวณที่จะศึกษาได้เก็บรวบรวมข้อมูลของอาคาร คือ ความยาว ความกว้างและความสูงของอาคาร ซึ่งลักษณะของอาคารมีทั้งลักษณะทรงสี่เหลี่ยม (rectangular building) ทรงกระบอก (Circular Building) รวมไปถึงทรงหลายเหลี่ยม (Polygonal Building) โดยมีรายละเอียดของอาคารและสิ่งก่อสร้างดังแสดงในตารางที่ 4.2 และแสดงแผนผังของอาคารดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอาคารและสิ่งก่อสร้าง

ลำดับ ที่	อาคาร	X Coordinate (m)	Y Coordinate (m)	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)
1	Production building1	184446.60	1648982.11	6480
2	Warehouse1 (1200 tons)	184564.33	1649056.86	784
3	Bag Warehouse	184519.45	1649083.59	884
4	Warehouse5 (4000 tons)	184473.51	1649038.34	2448
5	Maintenance garage	184536.93	1649028.76	348
6	Warehouse	184479.13	1649129.53	3368
7	Warehouse2 (4500 tons)	184651.39	1648953.38	2296
7/1	Warehouse3 (4500 tons)	184656.37	1648979.79	2296
8	Office	184672.94	1649109.15	290
9	Kitchen room	184628.64	1649123.24	407
10	Dormitory	184602.35	1649122.15	1094
11	Dormitory	184571.14	1649124.00	659
12	Garage	184626.26	1649079.15	312
13	Warehouse4 (1200 tons)	184481.87	1648945.20	1197
14	Waste compactors plant	184565.18	1649031.49	741
15	Biogas control room	184479.13	1649129.53	323
16	Bio gas	184345.72	1649123.31	20865
17	Clean Energy Co.,Ltd.	184522.34	1648942.68	539
18	Production building2	184598.71	1648943.78	1024
19	Water Treatment Plant	183890.61	1648905.60	311000



รูปที่ 4.3 แผนผังของโรงงาน

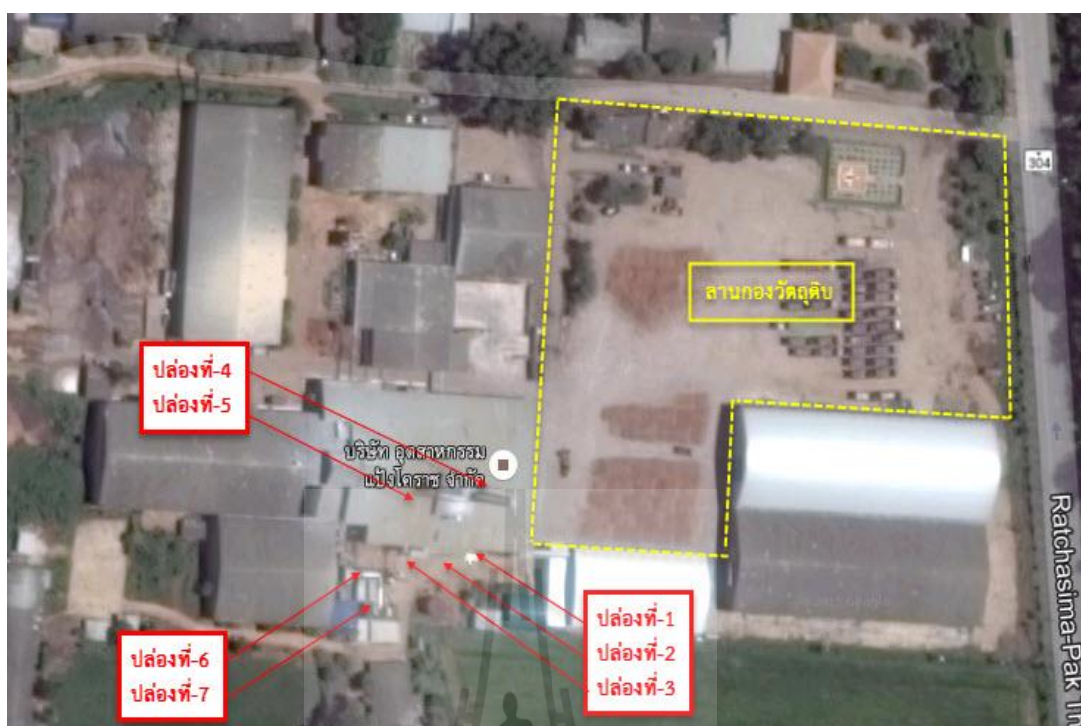
4.2 การจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษอากาศ

4.2.1 บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

ผลการสำรวจโดยการลงพื้นที่ตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของ บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด เพื่อจัดทำบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ ได้รายการทั้งสิ้น 15 รายการดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยประกอบไปด้วยข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ สารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศและระดับนัยสำคัญ โดยแหล่งกำเนิดที่มีนัยสำคัญสูง ได้แก่ ปล่องระบายอากาศลมร้อน 3 ปล่อง ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 2 ปล่อง ปล่องระบายอากาศระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 2 ปล่อง ลานกองวัตถุดิบและบ่อบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และแสดงตำแหน่งพิกัดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 บัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงาน

รายการ ที่	แหล่งกำเนิด	ประเภท แหล่ง กำเนิด	มลพิษอากาศที่สำคัญ	ระดับ นัย สำคัญ
1	ปล่องระบายอากาศของเครื่อง ผลิตลมร้อน 1	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP) (NO ₂) (SO ₂)	สูง
2	ปล่องระบายอากาศของเครื่อง ผลิตลมร้อน 2	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP) (NO ₂) (SO ₂)	สูง
3	ปล่องระบายอากาศของเครื่อง ผลิตลมร้อน 3	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP) (NO ₂) (SO ₂)	สูง
4	ปล่องระบายอากาศใน กระบวนการอบแป้ง 1	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP)	สูง
5	ปล่องระบายอากาศใน กระบวนการอบแป้ง 2	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP)	สูง
6	ปล่องระบายอากาศของระบบ ผลิตกระแสไฟฟ้า 1	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP) (NO ₂) (SO ₂)	ปาน กลาง
7	ปล่องระบายอากาศของระบบ ผลิตกระแสไฟฟ้า 2	แบบจุด	ฝุ่นละออง (TSP) (NO ₂) (SO ₂)	ปาน กลาง
8	ลานกองวัตถุดิบ	แบบพื้นที่	ฝุ่นละออง (TSP)	สูง
9	ถนนภายในโรงงาน	แบบพื้นที่	ฝุ่นละออง (TSP)	ต่ำ
10	บ่อน้ำบาดน้ำเสีย (แบบไร้อากาศ)	แบบพื้นที่	H ₂ S CH ₄ กลิ่น (Ordor)	สูง
11	บ่อน้ำบาดน้ำเสีย (แบบแฟลคคอลเททิฟ)	แบบพื้นที่	H ₂ S CH ₄ กลิ่น (Ordor)	ปาน กลาง
12	บ่อน้ำบาดน้ำเสีย (แบบเติมอากาศ)	แบบพื้นที่	H ₂ S CH ₄ กลิ่น (Ordor)	ต่ำ
13	ปล่องเผาก๊าซส่วนเกิน	แบบจุด	(NO ₂) (SO ₂)	ต่ำ
14	จุดรับวัตถุดิบ 1	แบบ ปริมาตร	ฝุ่นละออง (TSP) กลิ่น (Ordor)	ต่ำ
15	จุดรับวัตถุดิบ 2	แบบ ปริมาตร	ฝุ่นละออง (TSP) กลิ่น (Ordor)	ต่ำ



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลตำแหน่งของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิด	ตำแหน่งพิกัด (UTM)	
	X	Y
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 1	184581.20	1648966.87
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 2	184556.08	1648968.27
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 3	184547.36	1648969.32
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 1	184563.68	1648984.13
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 2	184554.01	1648984.46
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 1	184528.53	1648965.48
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 2	184535.51	1648948.39
ลานกองวัสดุ	184588.99	1648941.47
บ่อบำบัดน้ำเสีย	184392.52	1649037.75

จากข้อมูลที่รวบรวมในบัญชีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานผู้วิจัยได้ปรึกษาหารือกับบุคลากรของโรงงานและพิจารณาข้อมูลจากการสำรวจและทำการประเมินระดับนัยสำคัญของแหล่งกำเนิดออกเป็นระดับสูง ปานกลางและต่ำ โดยพิจารณาจากขนาดและความรุนแรงของผลกระทบและสรุปแหล่งกำเนิดที่มีระดับนัยสำคัญสูงถึงปานกลางในการก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้ 9 รายการ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source)

แหล่งกำเนิดแบบจุดที่มีอัตราการระบายของมลพิษอากาศที่สำคัญ คือ ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนของการอบแป้งและปล่องระบายอากาศระบบผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าในโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.5 โดยมีรายละเอียดของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุดดังต่อไปนี้

- รายการที่ 1 ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนมีปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ 450 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- รายการที่ 2 ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนมีปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ 725 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- รายการที่ 3 ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนมีปริมาณการใช้ก๊าซชีวภาพ 450 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- รายการที่ 4 ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้งมีอัตราการผลิตแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 250 ตันต่อวัน
- รายการที่ 5 ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้งมีอัตราการผลิตแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 250 ตันต่อวัน
- รายการที่ 6 ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1200 กิโลวัตต์
- รายการที่ 7 ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 950 กิโลวัตต์



รูปที่ 4.5 แหล่งกำเนิดอากาศแบบจุด

- (ก) ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนและ
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง
- (ข) ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า
- (ค) ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

2) แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source)

แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 4.6 แบ่งได้ 2 แหล่งกำเนิด คือ

- รายการที่ 8 ลานกองวัตถุดิบเป็นแหล่งกำเนิดที่มีการปล่อยมลพิษอากาศประเภทฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 11,250 ตารางเมตร
- รายการที่ 10 บ่อบำบัดน้ำเสียเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศในด้านของกลิ่นที่มีสาเหตุมาจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งมีขนาดพื้นที่เท่ากับ 370 ตารางเมตร



รูปที่ 4.6 แหล่งกำเนิดอากาศแบบพื้นที่

(ก) ลานกองวัสดุดิบ

(ข) บ่อบำบัดน้ำเสีย

4.3 การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

4.3.1 แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Source)

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุดทั้ง 7 แหล่งกำเนิดได้ทำการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระบายจากปล่อง ในขณะที่มีการดำเนินการผลิต โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซ TESTO 350 ได้ผลดังตารางที่ 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าการตรวจวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปล่องระบายไอเสีย

แหล่งกำเนิด	ค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 1	1101.69	1070.29	1085.99
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 2	1075.12	1048.52	1061.82
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 3	1193.44	1121.93	1157.69
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 1	0	0	0
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 2	0	0	0
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 1	42.15	44.14	43.15
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 2	42.15	44.14	43.15

ตารางที่ 4.6 ค่าการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์จากปล่องระบายไอเสีย

แหล่งกำเนิด	ค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 1	0	0	0
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 2	0	0	0
ปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อน 3	0	0	0
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 1	0	0	0
ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง 2	0	0	0
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 1	0.89	7.13	4.01
ปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 2	0.89	7.13	4.01

การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองในกรณีเครื่องผลิตนมร้อน ผู้วิจัยได้รวบรวมค่าที่เกี่ยวข้องจากการศึกษาต่างๆดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองจากเครื่องผลิตนมร้อน แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	ค่าการประมาณการปล่อยมลพิษ อากาศ(ฝุ่นละออง)	แหล่งที่มา
น้ำมัน (No.4)	7 (ปอนด์/10 ³ แกลลอน)	AP-42 US.EPA, (2008)
น้ำมัน (No.5)	10 (ปอนด์/10 ³ แกลลอน)	AP-42 US.EPA, (2008)
น้ำมัน (No.6)	9.19 (ปอนด์/10 ³ แกลลอน)	AP-42 US.EPA, (2008)
ก๊าซ LPG (Butane)	0.8 (ปอนด์/10 ³ แกลลอน)	AP-42 US.EPA, (2008)
ก๊าซ LPG (Propane)	0.7 (ปอนด์/10 ³ แกลลอน)	AP-42 US.EPA, (2008)
ก๊าซธรรมชาติ	7.6 (ปอนด์/10 ⁶ ลูกบาศก์ฟุต)	AP-42 US.EPA, (2008)
ก๊าซชีวภาพ	0.01 (ปอนด์ ต่อ 10 ⁶ บีทียู)	South Dakota Department of Environment and Natural Resources, (2005)

ค่าอัตราการปล่อยระบายฝุ่นละอองของระบบเผาไหม้ของเครื่องผลิตนมร้อนของโรงงาน คือ ปล่องที่ 1 ปล่องที่ 2 และ ปล่องที่ 3 ซึ่งใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพใช้ค่าประมาณจากเอกสารงานวิจัย “Air Quality Emissions and Impact Milbank Community Foundation dba Midwest Dairy Institute” จัดทำโดย South Dakota Department of Environment and Natural Resources ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีค่าแนะนำสำหรับอัตราการระบายฝุ่นละอองจากระบบเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ เท่ากับ 0.01 lbs ต่อ 1 MMBtu(10⁶ Btu) โดยก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรมีค่าความร้อนเท่ากับ 21 เมกะจูล ซึ่งปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตนมร้อนปล่องที่ 1 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 450 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จึงคำนวณหาอัตราการระบายฝุ่นละอองในหน่วยกรัมต่อวินาทีต่อวินาที ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{อัตราการระบาย} &= \frac{450 \text{ m}^3}{1 \text{ hr}} \times \frac{21 \text{ MJ}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{1 \text{ Btu}}{0.00105587 \text{ MJ}} \times \frac{0.01 \text{ lbs}}{10^6 \text{ Btu}} \times \frac{453.592 \text{ g}}{1 \text{ lbs}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \\ &= 0.01 \text{ กรัมต่อวินาที} \end{aligned}$$

ปล่องที่ 2 ใช้วิธีการประมาณค่าการปล่อยมลพิษอากาศเช่นเดียวกับปล่องที่ 1 โดยปล่องที่ 2 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 725 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะได้ค่าการปล่อยฝุ่นละออง เท่ากับ 0.02 กรัม

ต่อวินาที ในส่วนของปล่องที่ 3 มีปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 450 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีค่าการปล่อยมลพิษอากาศเท่ากับปล่องที่ 1 คือ 0.01 กรัมต่อวินาที

การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนของการอบแป้ง คือ ปล่องที่ 4 และปล่องที่ 5 ใช้ค่าประมาณจากเอกสาร “Emission Factor Documentation for AP-42” จัดทำโดย U.S. Environmental Protection Agency ของประเทศสหรัฐอเมริกา ตารางที่ 4.8 ซึ่งมีค่าแนะนำสำหรับอัตราการระบายฝุ่นละอองจากกระบวนการอบแป้งเท่ากับ 0.25 กิโลกรัม ต่อ 1 เมกะกรัม ซึ่งปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้งทั้งปล่องที่ 4 และปล่องที่ 5 มีอัตราการผลิตเท่ากับ 250 ตันต่อวัน จึงคำนวณหาอัตราการระบายฝุ่นละอองในหน่วยกรัมต่อวินาทีต่อวินาที ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อัตราการระบาย} &= \frac{250 \text{ ton}}{1 \text{ Day}} \times \frac{10^6 \text{ g}}{1 \text{ ton}} \times \frac{0.25 \text{ Kg}}{10^3 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ Day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \\ &= 0.72 \text{ กรัมต่อวินาที}\end{aligned}$$

ตารางที่ 4.8 ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนของการอบแป้ง

ประเภทเครื่องควบคุม	ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง)	แหล่งที่มา
ไม่มี	0.25 (กิโลกรัม ต่อ 1 เมกะกรัม)	AP-42 US.EPA, (1995)
ไซโคลน	0.13 (กิโลกรัม ต่อ 1 เมกะกรัม)	AP-42 US.EPA, (1995)
Fabric filter	0.08 (กิโลกรัม ต่อ 1 เมกะกรัม)	AP-42 US.EPA, (1995)

การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองจากปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้า คือ ปล่องที่ 6 และปล่องที่ 7 ได้ทบทวนค่าที่ใกล้เคียงดังสรุปไว้ในตารางที่ 4.9 โดยในการศึกษานี้เลือกใช้ค่าประมาณจากเอกสารงานวิจัย “Air Quality Emissions and Impact Milbank Community Foundation dba Midwest Dairy Institute” จัดทำโดย South Dakota Department of Environment and Natural Resources ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีค่าแนะนำสำหรับอัตราการระบายฝุ่นละอองจากระบบเผาไหม้ของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพเท่ากับ 0.0001 lbs ต่อ 1 MMBtu โดยปล่องที่ 6 และปล่อง 7 เป็นปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าขนาด 1200 กิโลวัตต์และ 950 กิโลวัตต์ตามลำดับ จึงคำนวณหาอัตราการระบายฝุ่นละอองในหน่วยกรัมต่อวินาทีต่อวินาที ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละอองจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิง	ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง)	แหล่งที่มา
Natural Gas-Fired Turbines	6.6 (ปอนด์ ต่อ 10^6 บีทียู)	AP-42 US.EPA, (2008)
Distillate Oil-Fired Turbines	1.2 (ปอนด์ ต่อ 10^6 บีทียู)	AP-42 US.EPA, (2008)
Diesel Fuel	0.31 (ปอนด์ ต่อ 10^6 บีทียู)	AP-42 US.EPA, (2008)
Gasoline Fuel	0.1 (ปอนด์ ต่อ 10^6 บีทียู)	AP-42 US.EPA, (2008)
ก๊าซชีวภาพ	0.0001 (ปอนด์ ต่อ 10^6 บีทียู)	South Dakota Department of Environment and Natural Resources, (2005)

ปล่อยระบายอากาศของเครื่องผลิตไฟฟ้าขนาด 1200 กิโลวัตต์และ 950 กิโลวัตต์ ทำการแปลงค่าความร้อนออกให้เป็นค่าความร้อนเข้าเพื่อให้สอดคล้องกับสมการการประมาณค่าการปล่อยมลพิษจากสมการ

$$\text{ค่าความร้อนออก} \left(\frac{MMBtu}{hr} \right) = \left(\frac{\text{ค่าความร้อนเข้า (kW)}}{0.33 \text{ (ค่าสัมประสิทธิ์)}} \right) \times (3.413 \times 10^{-3}) \text{ (ค่าการแปลงหน่วย)}$$

แทนค่าในสมการ ;

$$\text{ค่าความร้อนออก} \left(\frac{MMBtu}{hr} \right) = \left(\frac{1200 \text{ kW}}{0.33} \right) \times (3.413 \times 10^{-3})$$

$$\text{ปล่องที่ 6 จะได้เท่ากับ } \frac{12.41 \text{ MMBtu}}{1 \text{ hr}} \quad \text{ปล่องที่ 7 จะได้เท่ากับ } \frac{9.83 \text{ MMBtu}}{1 \text{ hr}}$$

จากค่าความร้อนที่ได้ทำการแปลงหน่วยนำมาประมาณค่าการปล่อยฝุ่นละอองของปล่องที่ 6 และปล่องที่ 7 ได้ดังนี้

$$\frac{12.41 \text{ MMBtu}}{1 \text{ hr}} \times \frac{0.0001 \text{ lbs}}{1 \text{ MMBtu}} \times \frac{453.592 \text{ g}}{1 \text{ lbs}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}}$$

ประมาณค่าการปล่อยฝุ่นละอองของปล่องที่ 6 และปล่องที่ 7 เท่ากับ 0.000156 กรัมต่อวินาที และ 0.000124 กรัมต่อวินาที ตามลำดับ

4.3.2 แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source)

(1) ลานกองวัตถุดิบ

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากลานกองวัตถุดิบได้มาจากการประมาณจากเอกสาร “Emission Estimation Technique Manual for Sugar Milling and Refining” จัดทำโดย National Pollutant Inventory ของประเทศออสเตรเลีย (NPI, 2001) ซึ่งมีค่าแนะนำสำหรับ อัตราการระบายฝุ่นละอองเท่ากับ 2.72 กรัมต่อตัน มีอัตราการผลิต 500 ตันต่อวันและมีขนาดพื้นที่ 1,7043.70 ตารางเมตร จึงคำนวณหาอัตราการระบายฝุ่นละอองในหน่วยกรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อัตราการระบาย} &= \frac{500 \text{ ton}}{1 \text{ Day}} \times \frac{2.72 \text{ g}}{1 \text{ ton}} \times \frac{1}{11,250 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ Day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \\ &= 1.3 \times 10^{-6} \text{ กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร}\end{aligned}$$

(2) บ่อบำบัดน้ำเสีย

ในส่วนของบ่อบำบัดน้ำเสียทำการตรวจวัดค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยทำการเก็บก๊าซจากกล่องเก็บตัวอย่างขนาด 40x40x120 ลูกบาศก์เมตรเซนติเมตร มีส่วนสูงเหนือระดับน้ำท่วมขัง 67 เซนติเมตร โดยผลต่างของค่าความเข้มข้นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในเวลา 25 นาที เท่ากับ 18.37 พีพีเอ็ม แล้วคำนวณค่าฟลักซ์โดยใช้ความเข้มข้นของก๊าซเมื่อเวลาเปลี่ยนไปในกล่อง ดังสมการต่อไปนี้ (Singh et al., 1998)

$$F = \frac{BV_{std} \times dC \times MW}{10^4 \times 22400 \times A \times dt}$$

$$BV_{std} = \frac{BV \times B.P. \times 273}{(273 + T) \times 760}$$

โดยที่

F = ค่าฟลักซ์ของก๊าซแต่ละชนิด (กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร)

BV_{STD} = ปริมาตรภายในกล่องพลาสติกส่วนที่อยู่เหนือระดับน้ำที่ท่วมขัง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

B.P.	=	ความดันบรรยากาศในขณะนั้น (มิลลิเมตรปรอท)
MW	=	มวลโมเลกุลของก๊าซแต่ละชนิด
T	=	อุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในกล่อง (องศาเซลเซียส)
A	=	พื้นที่หน้าตัดของกล่อง (ตารางเมตร)
dC	=	ผลต่างของความเข้มข้นก๊าซแต่ละชนิดที่เวลาศูนย์และเวลา t (พีพีเอ็ม)
dt	=	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)

แทนค่าในสมการ

$$BV_{std} = \frac{(40 \times 40 \times 67) \times 760 \times 273}{(273 + 25.5) \times 760}$$

$$F = \frac{98,042.21 \times 18.37 \times 34}{10^4 \times 22,400 \times 0.16 \times 25}$$

จะได้ค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ของบ่อบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 0.0683 กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร

โดยองค์ประกอบของการผลิตก๊าซชีวภาพจากบ่อหมักโดยทั่วไปพบว่ามีความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ในช่วงระหว่าง 0-10,000 พีพีเอ็ม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบในบ่อหมัก (A. K. Chambers and I. Potter., 2002) ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อหมักของโรงงานแปรงมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 3,000 พีพีเอ็มและมีอัตราไหลของน้ำเสียเข้าบ่อหมักเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง โดยบ่อหมักมีขนาดเท่ากับ 370 ตารางเมตร

$$200 \frac{m^3}{hr} \times \frac{1 hr}{3,600 s} \times 3,000 ppm \times \frac{34 mg}{24.45 m^3} \times \frac{10^{-3} g}{1 mg} \times \frac{1}{370 m^2}$$

จะได้ค่าไฮโดรเจนซัลไฟด์ของบ่อบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 0.00063 กรัมต่อวินาทีต่อตารางเมตร โดยพบว่าค่าที่ได้จากการประมาณจากอัตราการไหลมีค่าน้อยกว่าค่าจากการตรวจวัดเนื่องจากจุดตรวจวัดจุดนั้นมีค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงจึงได้เลือกใช้ค่าจากการตรวจวัดใช้ในการศึกษา

จากข้อมูลจากสำรวจ ข้อมูลการตรวจวัดที่ปล่อยและข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศสามารถสรุปเป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง กรณีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.10 กรณีข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุดดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบพื้นที่

แหล่งกำเนิด	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	อัตราการปล่อยมลพิษอากาศ (กรัม/วินาที-ตารางเมตร)			
		TSP	SO ₂	NO ₂	H ₂ S
ลานกองวัตถุดิบ	11,250	1.3×10^{-6} ¹	0	0	0
บ่อบำบัดน้ำเสีย	370	0	0	0	0.0683^2

1.อ้างอิงค่าปัจจัยการปล่อยจาก (NPI, 2001)

2.ค่าจากการตรวจวัด

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศแบบจุด

ปล่อง ที่	ความสูง (เมตร)	อุณหภูมิ (เคลวิน)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง (เมตร)	อัตราการปล่อยมลพิษอากาศ (กรัม/วินาที)			
					TSP	SO ₂	NO ₂	H ₂ S
1	11	464.15	0.70	0.6	0.01^1	0.21	0	0
2	12	464.15	0.41	0.78	0.02^1	0.21	0	0
3	12	464.15	0.70	0.65	0.01^1	0.27	0	0
4	10	458.15	30^3	1	0.72^2	0	0	0
5	10	458.15	30^3	1	0.72^2	0	0	0
6	6	803.15	27.16	0.3	0.000156^1	0.08	0.00769	0
7	5	733.15	27.16	0.3	0.000124^1	0.08	0.00769	0

1.อ้างอิงค่าปัจจัยการปล่อยจาก (South Dakota Department of Environment and Natural Resources, 2005)

2.อ้างอิงค่าปัจจัยการปล่อยจาก (AP-42 US.EPA, 1995)

3.อ้างอิงค่าปัจจัยการปล่อยจาก (Wanlapatit, 1998)

4.4 การประเมินเบื้องต้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศขั้นคัดกรอง (SCREEN3)

ค่าความเข้มข้นจากการประเมินด้วยแบบจำลอง SCREEN3 โดยทำการประเมินครั้งละ 1 แหล่งกำเนิดตามระยะห่างจากตำแหน่งผู้รับมลพิษของแต่ละแหล่งกำเนิดแล้วรวมค่าความเข้มข้นของแหล่งกำเนิดทั้ง 9 แหล่งกำเนิด กำหนดค่าความเร็วลมที่ 1.5 เมตรต่อวินาทีซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยของจังหวัดนครราชสีมาปี พ.ศ.2555 และค่าเสถียรภาพ D ซึ่งเป็นค่าเสถียรภาพแบบปานกลาง

โดยผลค่าความเข้มข้นเป็นค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงและได้แสดงค่าการประเมินที่เสถียรภาพและความเร็วลมอื่นๆไว้ในภาพผนวก ค และทำการใช้ค่าปัจจัยแนะนำของ US.EPA เพื่อหาค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี โดยทำการกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้งในบริเวณโรงงานและบริเวณแหล่งชุมชนเพื่อให้ทราบถึงค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานที่ทำการศึกษาลงและให้ทราบถึงค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นกับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงานทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ประกอบไปด้วย ตำแหน่งผู้รับที่ 1 (ภายในโรงงาน) ตำแหน่งผู้รับที่ 2 (ริมรั้วโรงงาน) และตำแหน่งผู้รับที่ 3 (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบก) แสดงในรูปแบบที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตำแหน่งแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

4.4.1 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SCREEN3 เพื่อหาระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับพื้นที่ที่อาจเกิดขึ้นจากการระบายมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิดแสดงดังตารางที่ 4.12 โดยพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของฝุ่นละออง ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่พิจารณาทุกแหล่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ 24 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 1 คือ 18.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ 24 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 2 คือ 4.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ 24 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 3 คือ 1.61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ²	ค่าเฉลี่ย 1 ปี ³
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	45.06	18.02	3.60
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	10.37	4.15	0.83
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	4.02	1.61	0.32
ค่ามาตรฐาน ¹	-	330	100

1. กรมควบคุมมลพิษ. (2553)

2. คำนวณจากค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงคูณด้วยค่า Factor 0.4

3. คำนวณจากค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงคูณด้วยค่า Factor 0.08

4.4.2 ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SCREEN3 เพื่อหาระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับพื้นที่ที่อาจเกิดขึ้นจากการระบายมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิด แสดงดังตารางที่ 4.13 โดยพบว่า ค่าความเข้มข้นสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่พิจารณาทุกแหล่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป คือค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ 24 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 1 (ภายในโรงงาน) คือ 7.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตำแหน่งผู้รับที่ 2 (ริมรั้วโรงงาน) คือ 50.35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและตำแหน่งผู้รับที่ 3 (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบก) คือ 17.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่อย่างไรก็ตามจะ

เห็นว่าที่ตำแหน่งผู้รับที่ 2 หรือบริเวณริมรั้วโรงงานมีค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับตำแหน่งผู้รับอื่นๆ

ตารางที่ 4.13 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันโดยแบบจำลอง SCREEN3

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ²	ค่าเฉลี่ย 1 ปี ³
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	17.61	7.05	1.41
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	125.87	50.35	10.07
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	44.06	17.63	3.53
ค่ามาตรฐาน ¹	780	300	100

1. กรมควบคุมมลพิษ. (2553)

2. คำนวณจากค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงคูณด้วยค่า Factor 0.4

3. คำนวณจากค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงคูณด้วยค่า Factor 0.08

4.4.3 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SCREEN3 เพื่อหาระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับพื้นดินที่อาจเกิดขึ้นจากการระบายมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิด แสดงดังตารางที่ 4.14 โดยพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดที่พิจารณาทุกแหล่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป คือค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ 1 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 1 (ภายในโรงงาน) คือ 0.03 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตำแหน่งผู้รับที่ 2 (ริมรั้วโรงงาน) คือ 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและตำแหน่งผู้รับที่ 3 (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบก) คือ 0.50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตำแหน่งผู้รับต่างๆมีค่าความเข้มข้นน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4.14 ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันโดยแบบจำลอง SCREEN3

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี ²
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	0.03	0.00
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	0.25	0.05
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	0.50	0.04
ค่ามาตรฐาน ¹	320	57

1. กรมควบคุมมลพิษ. (2553)

2. คำนวณจากค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงคูณด้วยค่า Factor 0.08

4.4.4 ความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน

ผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง SCREEN3 เพื่อหาระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ระดับพื้นดินที่อาจเกิดขึ้นจากการระบายมลพิษจากแต่ละแหล่งกำเนิด แสดงดังตารางที่ 4.15 โดยพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมีค่าดังต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ 1 ชั่วโมงมีค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับที่ 1 (ภายในโรงงาน) คือ 31,290 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตำแหน่งผู้รับที่ 2 (ริมรั้วโรงงาน) คือ 9,881 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและตำแหน่งผู้รับที่ 3 (องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบก) คือ 1,688 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ตำแหน่งผู้รับที่ 1 และ 2 อาจจะส่งผลกระทบต่อประชาชนในเรื่องของกลิ่นที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงกว่า 7,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (OSHA, 2005) ซึ่งค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มีค่าสูงกว่า 139,000 เป็นอันตรายต่อสุขภาพและระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิด (OSHA, 2005)

ค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้ด้วยแบบจำลอง SCREEN3 ทั้งเสถียรภาพของ A B C D E และ F และความเร็วมระหว่าง 1 ถึง 20 เมตรต่อวินาที พบว่าเมื่อความเสถียรภาพเพิ่มขึ้นค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นก็มีมากขึ้น ในส่วนของค่าความเร็วมเมื่อมีมากขึ้นค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นจะลดลง ดังแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.15 ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง SCREEN3

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	31,290
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	9,881
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	1,688

4.5 การประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบสมบูรณ (AERMOD)

4.5.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศแบบสมบูรณ (AERMOD) มีโปรแกรมย่อยที่จำเป็นสองโปรแกรมด้วยกันคือ AERMET ซึ่งจะป้อนข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยาและ AERMAP ซึ่งจะป้อนข้อมูลทางด้านความสูงของพื้นที่ โดยผลการรวบรวมข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้น (Surface Air Data)

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลของปี พ.ศ.2555 โดยประกอบไปด้วย หมายเลขสถานีตรวจวัด ข้อมูลความสูงฐานเมฆ (Ceiling Height) ข้อมูลทิศทางลม (Wind Direction) ข้อมูลความเร็วลม (Wind Speed) ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature) และข้อมูลปริมาณเมฆปกคลุม (Cloud Cover) โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ SCRAM Format ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ซึ่งข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นที่ใช้เป็นข้อมูลราย 3 ชั่วโมงและทำการปรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นให้เป็นข้อมูลราย 1 ชั่วโมง โดยใช้หลักการเฉลี่ยค่าเพื่อให้ได้ค่าข้อมูลของชั่วโมงที่ 2 และข้อมูลของชั่วโมงที่ 3 ยกเว้นข้อมูลทิศทางลม เพื่อให้ได้ข้อมูลราย 1 ชั่วโมง โดยมีหลักการหาค่าเฉลี่ยดังนี้ (วรารุณ เสือดี, 2551)

$$\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 2} = (\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 1}) + (\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 4} - \text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 1})/3$$

$$\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 3} = (\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 1}) + (\text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 4} - \text{ข้อมูลชั่วโมงที่ 1}) \times 2/3$$

ในส่วน of ข้อมูลทิศทางลม ถ้าข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 1 มากกว่าข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 4 เกินกว่า 90 องศา ให้ข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 2 มีค่าของข้อมูลเท่ากับข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 1 และให้ข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 3 มีค่าของข้อมูลเท่ากับข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 4 และในกรณีที่ข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 1 มากกว่าข้อมูลทิศทางลมของชั่วโมงที่ 4 ไม่เกินกว่า 90 องศา ให้ใช้หลักการเฉลี่ยค่าเหมือนกับการหาข้อมูลอื่นๆ

ตารางที่ 4.16 การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยในพื้นที่ในรูปแบบ SCRAM format
(ข้อมูลวันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2555)

Station No.	Year	Month	Day	Hour	Ceiling Height	Wind Direction	Wind Speed	Temp	Total Cloud	Opaque Cloud
48431	12	01	01	00	027	05	003	074	01	01
48431	12	01	01	01	027	05	003	074	01	01
48431	12	01	01	02	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	03	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	04	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	05	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	06	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	07	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	08	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	09	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	10	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	11	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	12	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	13	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	14	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	15	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	16	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	17	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	18	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	19	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	20	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	21	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	22	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	23	027	05	003	074	01	01

Station No.= ข้อมูลรหัสสถานี, Year = ปีคริสต์ศักราชของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย, Month = เดือนของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย, Day = วันของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย, Hour = ชั่วโมงของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย, Ceiling Height = ข้อมูลความสูงฐานเมฆ, Wind Direction = ข้อมูลทิศทางลม, Wind Speed = ข้อมูลความเร็วลม, Temp = ข้อมูลอุณหภูมิ, Total Cloud = ปริมาณเมฆปกคลุมทั้งหมด, Opaque Cloud = ปริมาณเมฆปกคลุม

2) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper Air Data)

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบนในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดอุบลราชธานีกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลของปี พ.ศ.2555 โดยประกอบไปด้วยข้อมูลความสูง ข้อมูลอุณหภูมิ ข้อมูลทิศทางลมและข้อมูลความเร็วลม โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการจัดเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ FSL format (Forecast System Laboratory) ดังแสดงในรูปที่ 4.8

```

*% UPPERAIR
* DATA UBON12_UA.QA
* EXTRACT UBON12_UA.UA
* XDATES 12/1/1 TO 12/12/31
* LOCATION 48407 15.15N 104.53E 0
* QAOUT UBON12_UA.QA
* AUDIT UATT UAWS UALR
*** EOH: END OF UPPERAIR QA HEADERS
12010107 5
10000 130 170 170 80 110
8500 1506 136 136 100 130
7000 3131 118 118 80 130
6000 4400 53 53 80 180
5000 5863 -33 -33 70 190
12010207 5
10000 137 146 146 70 120
8500 1508 137 137 130 90
7000 3134 126 126 110 120
6000 4406 51 51 110 90
5000 5866 -40 -40 150 150
12010307 5
10000 139 145 145 100 30
8500 1515 145 145 100 60
7000 3146 106 106 60 30
6000 4418 49 49 200 40
5000 5874 -49 -49 200 80
12010407 5
10000 128 165 165 70 40
8500 1517 160 160 110 120
7000 3147 112 112 200 30
6000 4417 60 60 160 60
5000 5883 -39 -39 230 140
12010507 5
10000 123 178 178 120 30
8500 1520 160 160 100 100
7000 3152 127 127 230 50
6000 4425 49 49 240 70
5000 5883 -46 -46 350 190

```

รูปที่ 4.8 การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบนในรูปแบบ FSL format
ตัวอย่างข้อมูลวันที่ 1 ถึง 5 เดือน มกราคม พ.ศ.2555

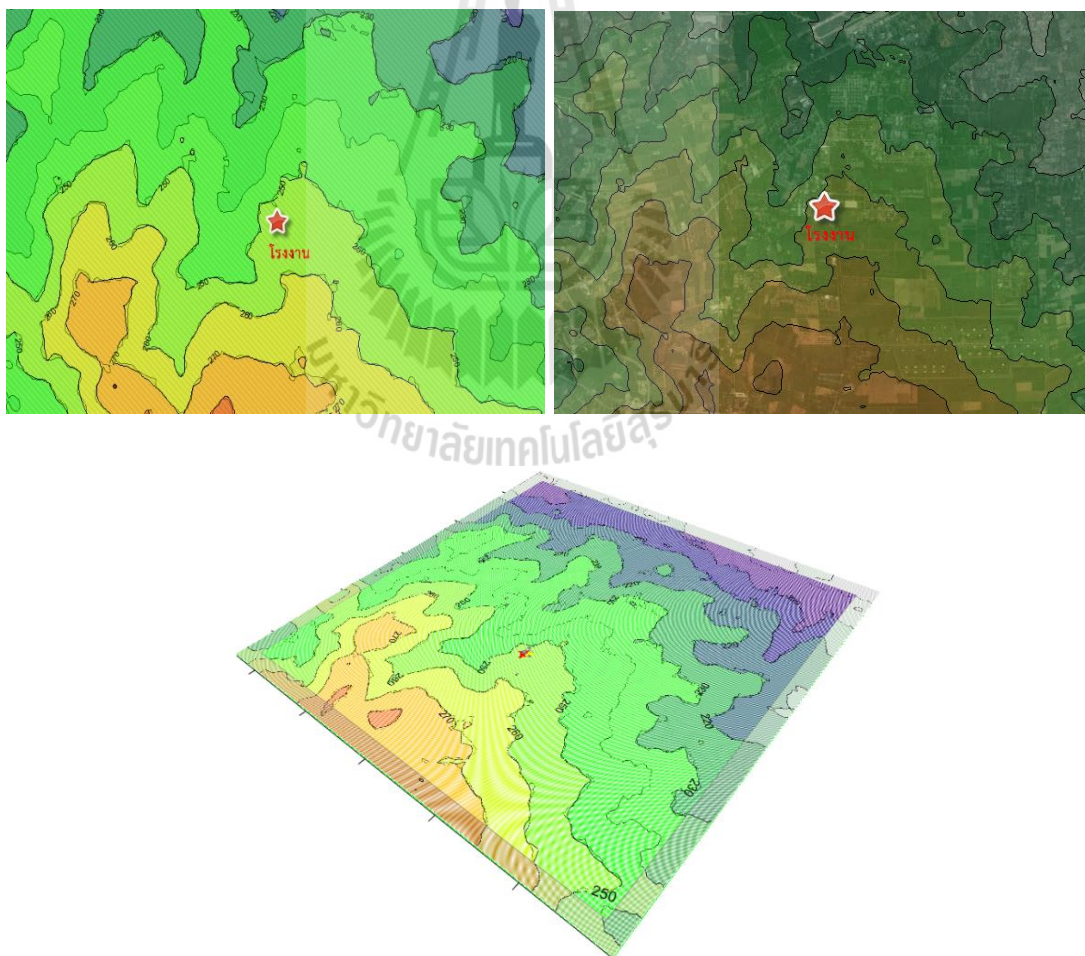
3) ข้อมูลค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้น (Surface Characteristics)

ข้อมูลค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้นหรือค่าลักษณะเฉพาะของพื้นที่ที่เลือกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลกรณีพื้นที่เขตเมือง (Urban) ในฤดูร้อนได้แก่ (Albedo) ค่าการสะท้อนของการแผ่รังสีจากพื้นดินกลับสู่บรรยากาศโดยไม่มีการดูดซับ คือ 0.16 (Bowen Ratio)

อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความร้อน (Sensible heat flux) ต่อการเปลี่ยนแปลงของความร้อนแฝง (Latent heat flux) คือ 2.00 และ (Surface roughness length) ค่าความสูงที่ความเร็วลมเฉลี่ยในแนวระดับเป็น 0 คือ 1.00

4) ข้อมูลความสูงของพื้นที่ (Terrain Data)

ข้อมูลความสูงของพื้นที่เป็นส่วนที่นำเข้า AERMAP เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงตำแหน่งพิกัดในการอ้างอิงของพื้นที่ที่ทำการศึกษารวมถึงตำแหน่งของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Source) และตำแหน่งของผู้ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษอากาศ (Receptor) ซึ่งข้อมูลความสูงพื้นที่ที่เลือกใช้ในการศึกษา คือ SRTM DEM พื้นที่ที่ทำการศึกษามีระดับความสูง 220 ถึง 275 เมตร โดยแสดงระดับความสูงของพื้นที่ในหน่วยเมตรดังแสดงในรูปที่ 4.9 และได้สร้างอาคารและสิ่งก่อสร้างโดยแบบจำลองคุณภาพอากาศคุณภาพอากาศ AERMOD ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ระดับความสูงของพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 4.10 อาคารสิ่งปลูกสร้างของโรงงานที่สร้างขึ้นในแบบจำลอง

4.5.2 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศในสภาพปัจจุบัน

1.) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน

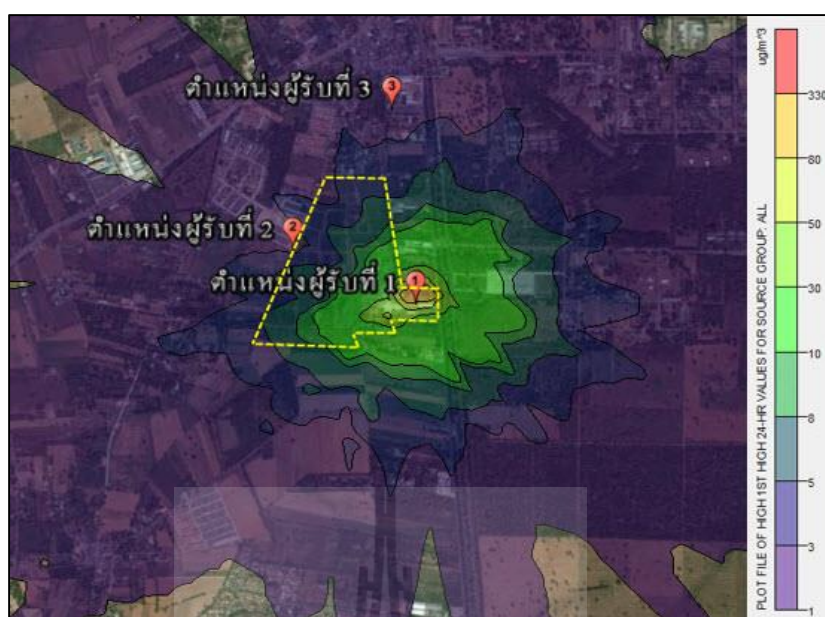
ค่าความเข้มข้นสูงสุดของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 137.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและค่าความเข้มข้นสูงสุดของฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปีมีค่าเท่ากับ 52.74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุดิบ ห่างจากตำแหน่งผู้รับที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 75 เมตร ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 มีค่าเท่ากับ 60.74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1.41 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 มีค่าเท่ากับ 14.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงในตารางที่ 4.17 ส่วนเส้นระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 4.11 และเส้นระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายของฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี แสดงในรูปที่ 4.12

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นสูงสุดและตำแหน่งผู้รับมลพิษทั้ง 3 จุด มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ทั้งนี้ค่าความเข้มข้นเป็นค่าที่ประเมินได้จากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานเท่านั้น โดยค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา ค่าของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเท่ากับ 54.17 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 114.91 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 2 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 56.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและที่ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 3 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 55.58 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองของแหล่งกำเนิดมลพิษจากโรงงาน รวมกับค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศในบรรยากาศทั่วไปพบว่าค่าความเข้มข้นของตำแหน่งผู้รับทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าความเข้มข้นไม่เกินมาตรฐานค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง คือ 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

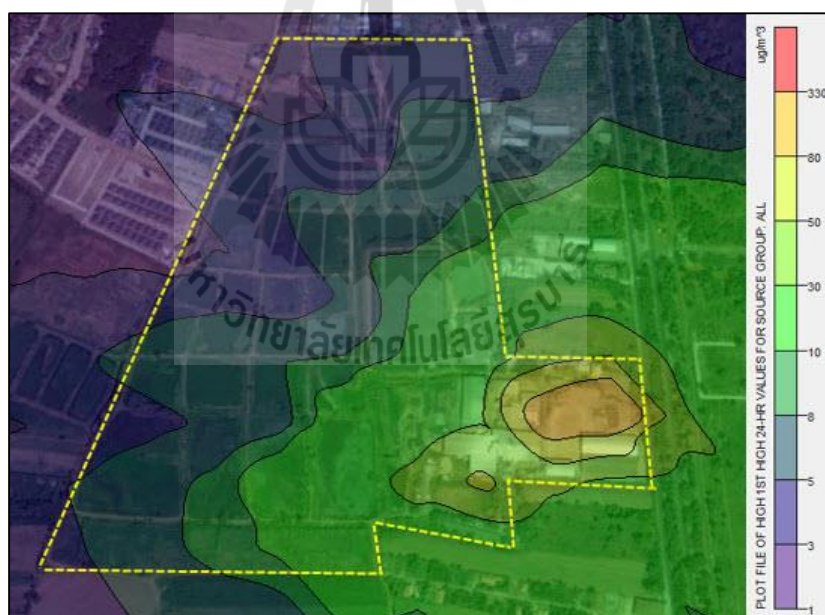
ตารางที่ 4.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบัน โดยแบบจำลอง AERMOD

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	60.74	14.15
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	2.33	0.31
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	1.41	0.15
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	137.39	52.74
ค่ามาตรฐาน*	330	100

*กรมควบคุมมลพิษ. (2553).



(1)



(2)

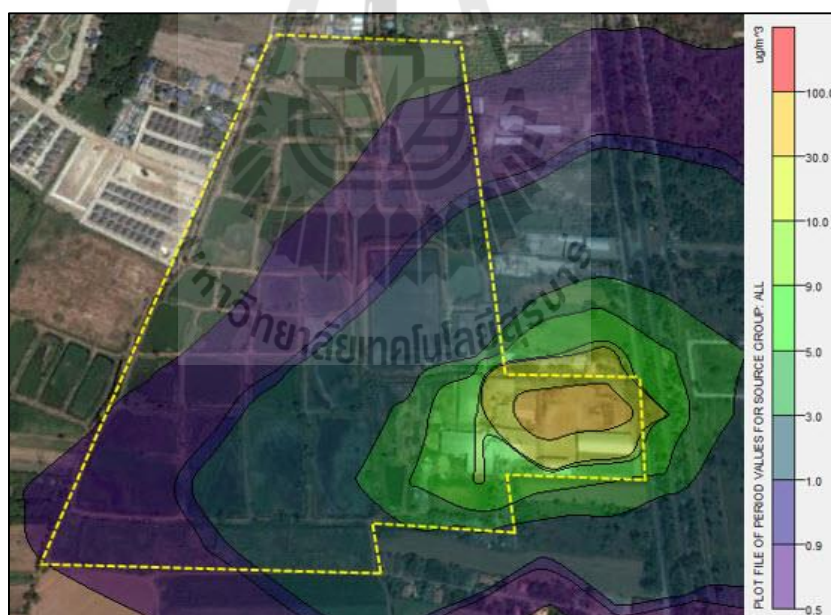
รูปที่ 4.11 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายใน โรงงาน



(1)



(2)

รูปที่ 4.12 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ปี

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายในโรงงาน

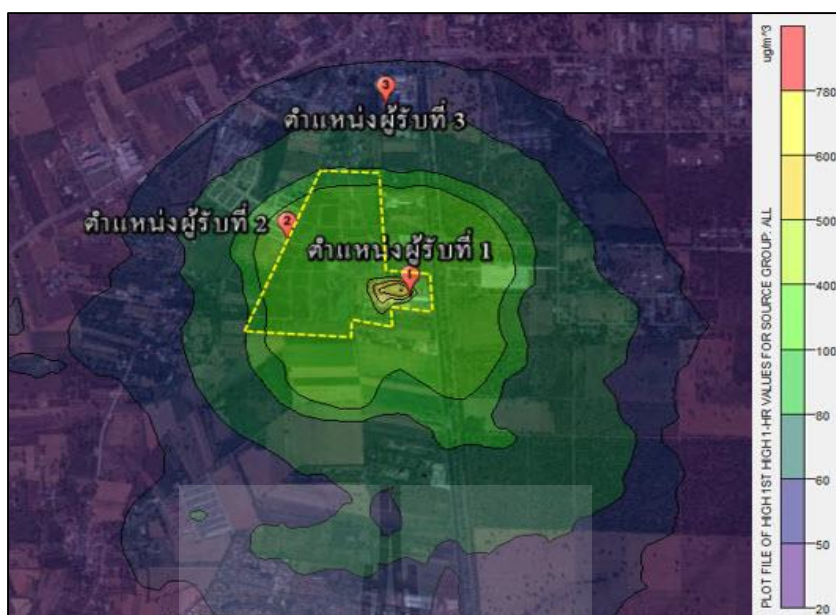
2.) ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน

ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 889.07 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 329.44 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ย 1 ปีสูงสุดเท่ากับ 75.56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุดิบ ห่างจากตำแหน่งผู้รับที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 75 เมตร ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 267.14 , 135.15 และ 49.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 96.91 , 31.83 และ 9.53 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับและค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปี ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 22.54 , 2.91 และ 0.87 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.18 ส่วนเส้นระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี แสดงในรูปที่ 4.13 รูปที่ 4.14 และรูปที่ 4.15 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้ง 3 จุด มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน แต่พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงและเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าเกินค่ามาตรฐาน ค่าความเข้มข้นเป็นค่าที่ประเมินได้จากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานเท่านั้น โดยค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงเท่ากับ 1.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับที่ 1 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 268.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ ตำแหน่งผู้รับที่ 2 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 136.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและที่ตำแหน่งผู้รับที่ 3 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 51.24 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน

ตารางที่ 4.18 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันโดยแบบจำลอง (AERMOD)

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	267.14	96.91	22.54
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	135.15	31.83	2.91
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	49.99	9.53	0.87
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	889.07	329.44	75.56
ค่ามาตรฐาน*	780	300	100

*กรมควบคุมมลพิษ. (2553)



(1)

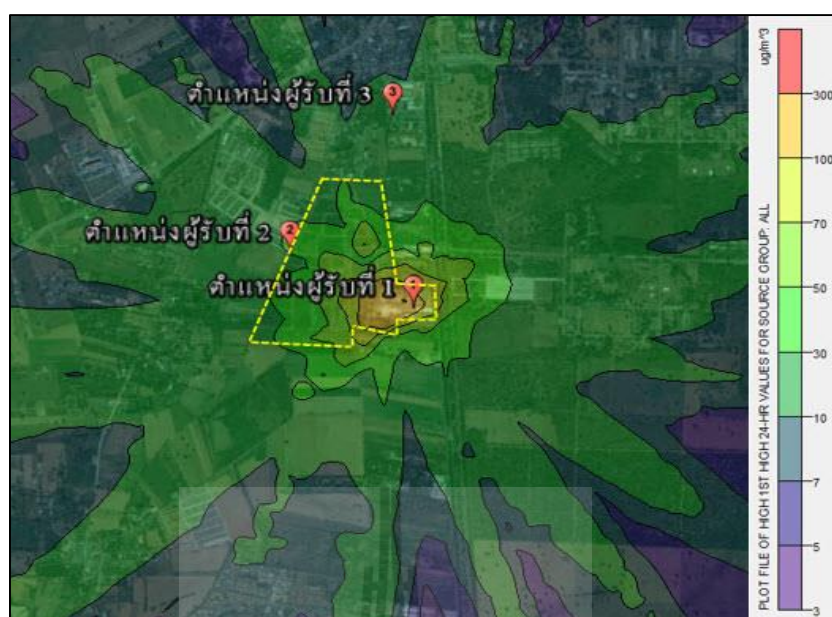


(2)

รูปที่ 4.13 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายในโรงงาน



(1)

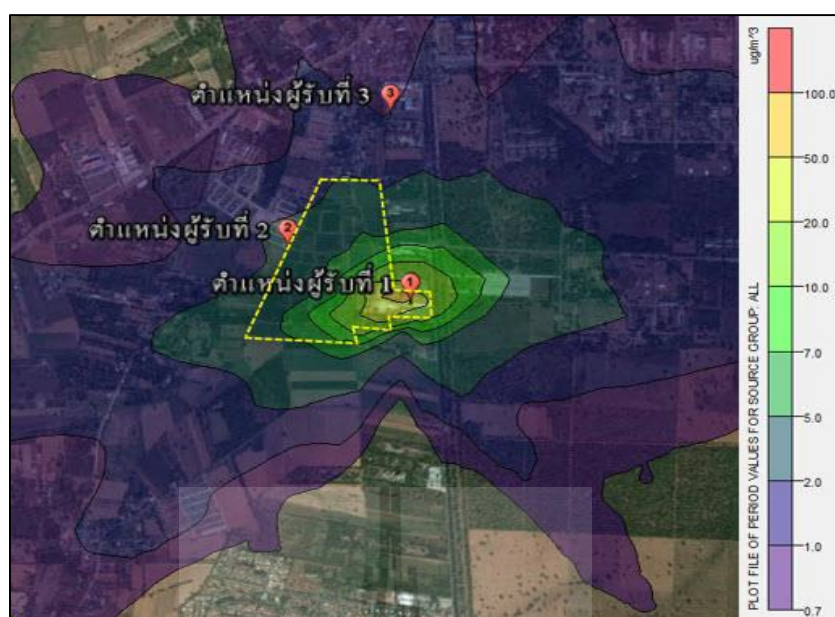


(2)

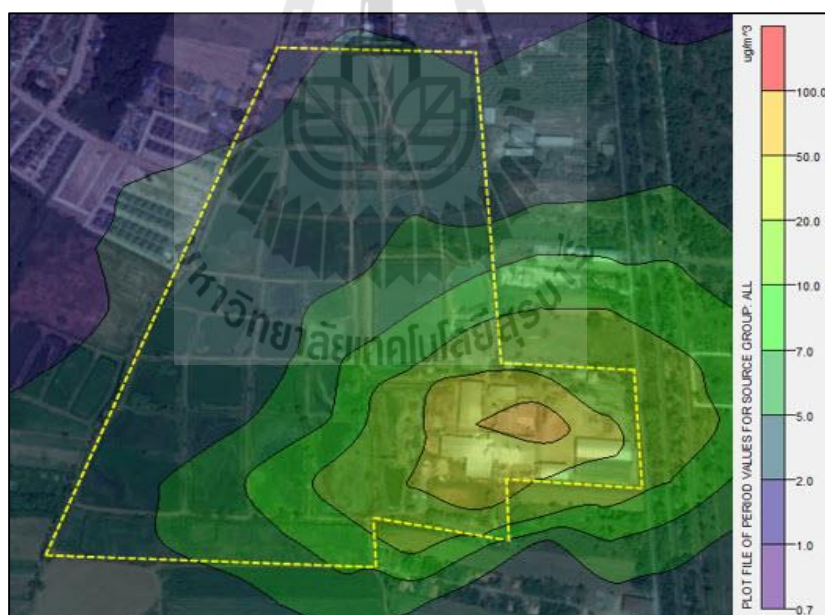
รูปที่ 4.14 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายในโรงงาน



(1)



(2)

รูปที่ 4.15 ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ปี

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายในโรงงาน

3.) ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบัน

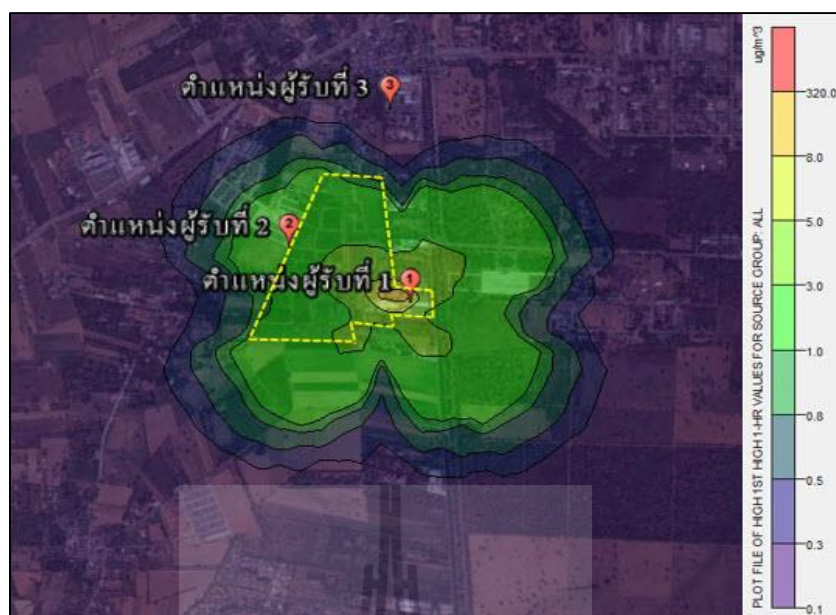
ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 2.37 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปี สูงสุดเท่ากับ 0.17 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุดิบ ห่างจากตำแหน่งผู้รับที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 75 เมตร ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 4.10 , 2.11 และ 0.17 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ปี ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 , 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.22 , 0.04 และ 0.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 4.19 ส่วนเส้นระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง แสดงในรูปที่ 4.16 และเฉลี่ย 1 ปี แสดงในรูปที่ 4.17 ซึ่งค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นสูงสุดและค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษทั้ง 3 จุดมีค่าความเข้มข้นปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าของไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง เท่ากับ 17.75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 21.85 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 2 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 19.86 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 3 เมื่อรวมกับค่าความเข้มข้นในบรรยากาศทั่วไปมีค่าเท่ากับ 17.92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่าค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งผู้รับทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าความเข้มข้นน้อยมาก

ตารางที่ 4.19 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันโดย

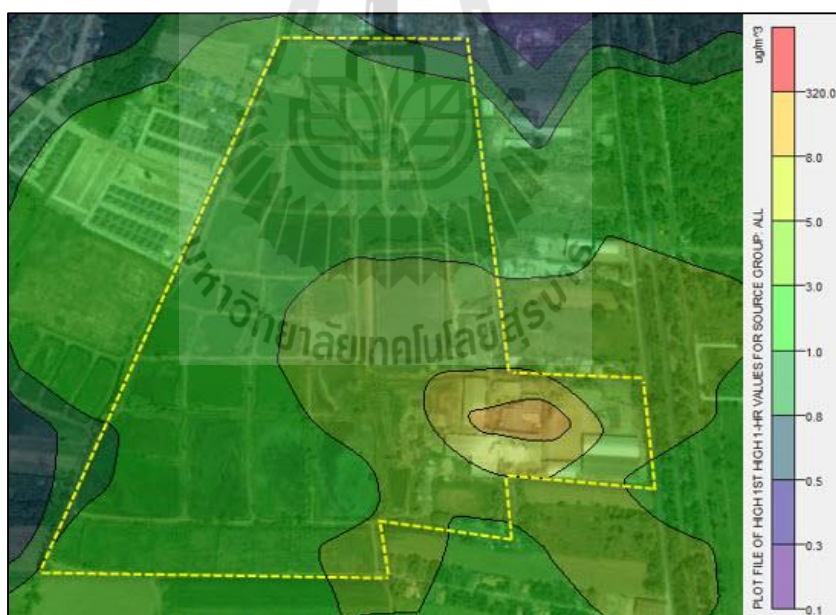
แบบจำลอง (AERMOD)

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	4.10	0.22
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	2.11	0.04
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	0.17	0.00
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	2.37	0.17
ค่ามาตรฐาน *	320	57

*กรมควบคุมมลพิษ. (2553)



(1)

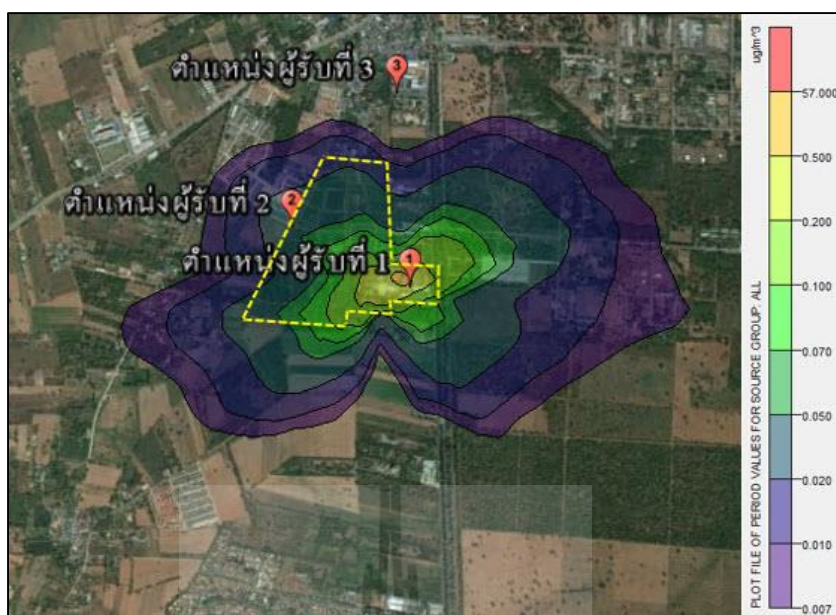


(2)

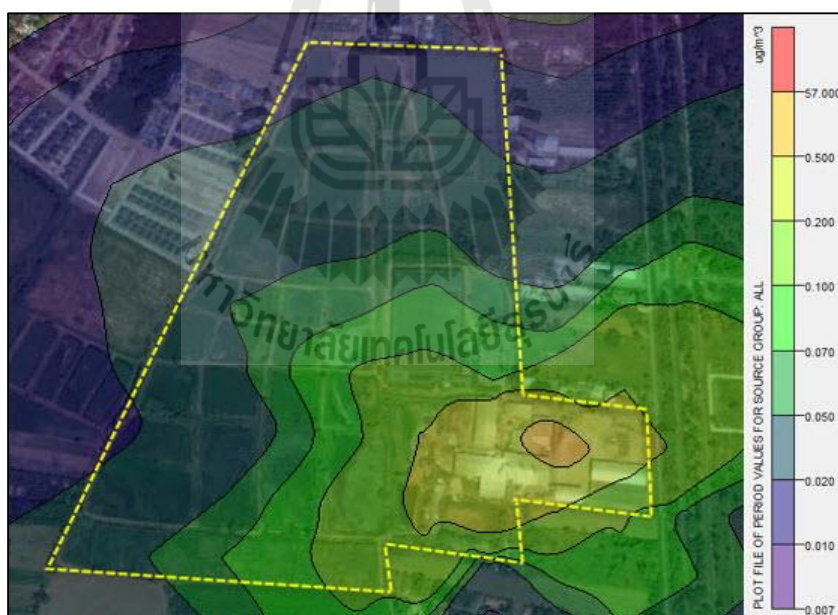
รูปที่ 4.16 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

(2) บริเวณภายในโรงงาน



(1)



(2)

รูปที่ 4.17 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในสภาพค่าเฉลี่ย 1 ปี

(1) บริเวณรอบโรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

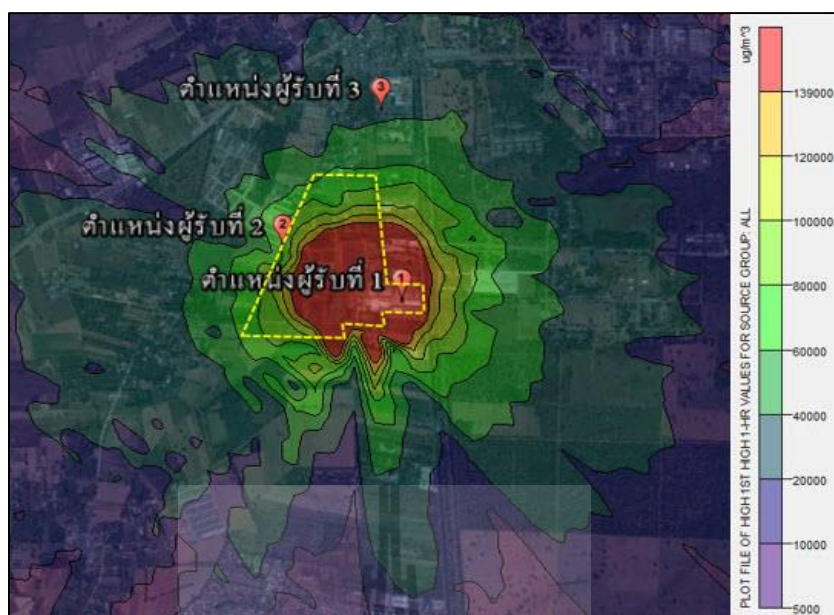
(2) บริเวณภายในโรงงาน

4.) ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบัน

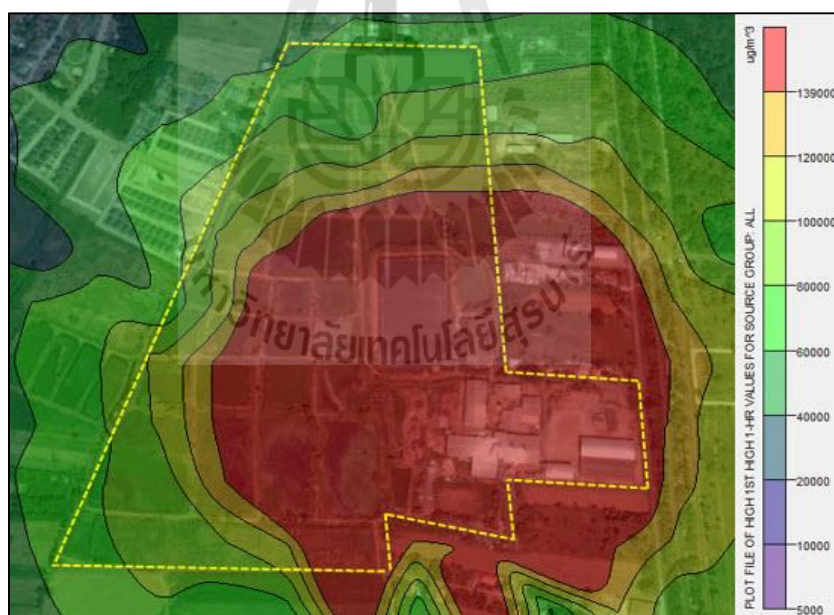
ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงสูงสุดเท่ากับ 2,449,000.73 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงในตารางที่ 4.20 ห่างจากตำแหน่งผู้รับที่ 1 ไปทางทิศตะวันตกประมาณ 240 เมตรซึ่งห่างจากบ่อบำบัดน้ำเสีย 15 เมตร ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 191,312.39 , 87,264.28 และ 24,161.71 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนเส้นระดับความเข้มข้นการแพร่กระจายของไฮโดรเจนซัลไฟด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมงแสดงในรูปที่ 4.18 ซึ่งค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์มีความเข้มข้นสูงบริเวณใกล้ๆบ่อบำบัดน้ำเสียและที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษทั้ง 3 จุดมีค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในปริมาณที่ไม่สูงเกินเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแนะนำที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของหน่วยงาน IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health (IDLH) Concentrations) เป็นความเข้มข้นที่ The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ของสหรัฐอเมริกากำหนดให้เป็นระดับความเข้มข้นที่มีผลต่อสุขภาพในระดับที่เป็นอันตรายในทันที (immediate health effects or health effects) ที่ได้รับหรือหลังจากได้รับเป็นเวลานานหรือรับซ้ำ (prolonged or repeated exposure)) คือ 300 พีพีเอ็มหรือประมาณ 417,180 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ตารางที่ 4.20 ความเข้มข้นของมลพิษอากาศของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบันโดยแบบจำลอง (AERMOD)

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	191,312.39
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	87,264.28
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	24,161.71
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	2,449,000.73



(1)



(2)

รูปที่ 4.18 ค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาพปัจจุบันค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

(1) บริเวณรอบ โรงงานและตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ

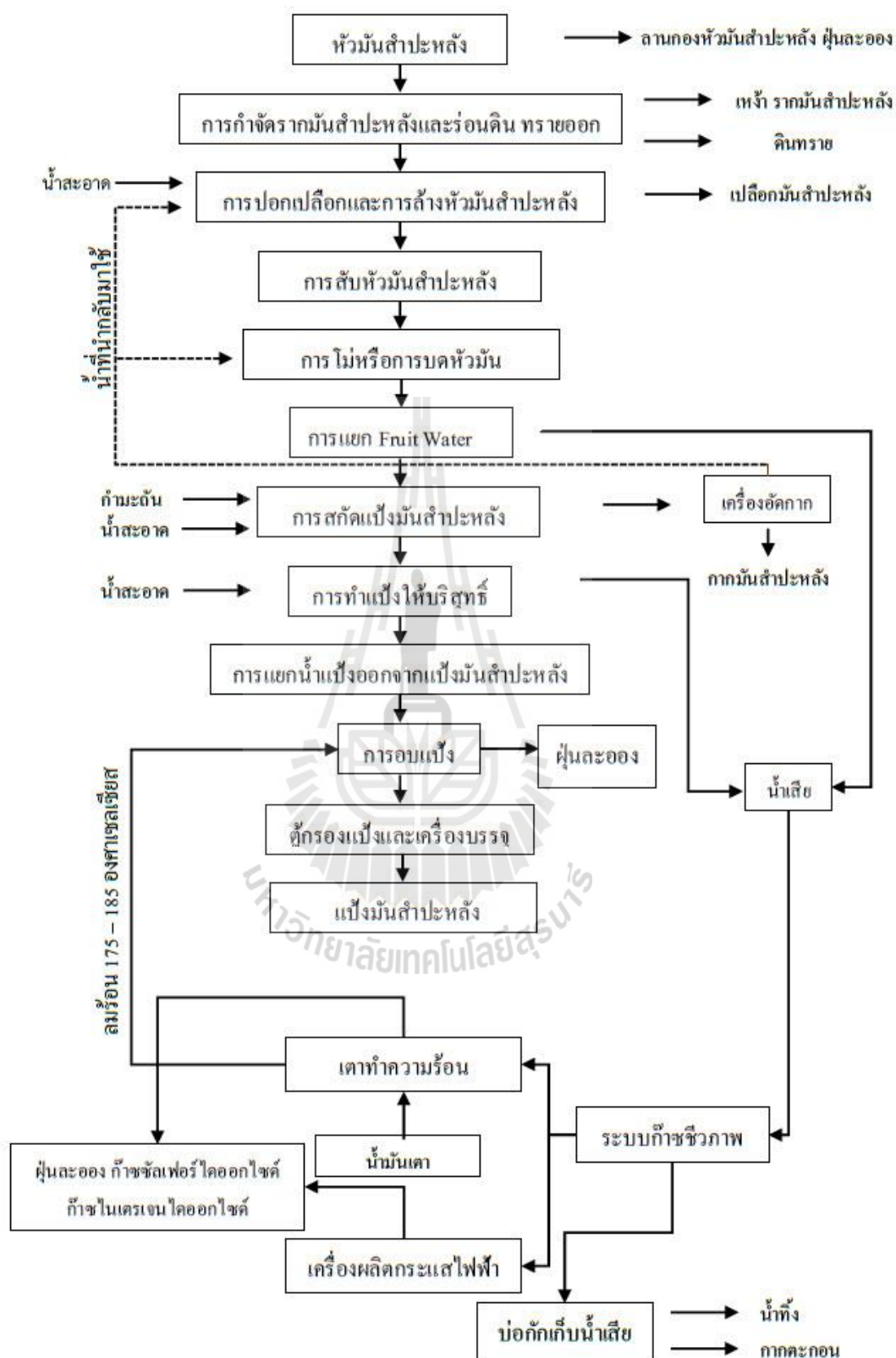
(2) บริเวณภายในโรงงาน

4.6. การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

4.6.1 กระบวนการผลิตและแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลและสำรวจกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำมาสรุปเป็นผังกระบวนการผลิตได้ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และอธิบายกระบวนการได้ดังต่อไปนี้ คือ การรับวัตถุดิบจากเกษตรกรเป็นการขนส่งโดยรถบรรทุกขนาด 6 ล้อขึ้นไปผ่านเครื่องชั่งน้ำหนัก และการทดสอบหาปริมาณแป้งเพื่อประเมินปริมาณแป้งและราคา แล้วนำมันสำปะหลังมาเทลงบริเวณลานกองวัตถุดิบ ซึ่งเป็นจุดที่มีการเกิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย จากนั้นโรงงานใช้รถตักในการลำเลียงมันสำปะหลังยังเครื่องร่อนดินทรายเพื่อกำจัดดินทรายที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังและทำให้ผิวนอกของหัวมันหลุดออก ของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดอยู่ในรูปของแฉัง ซึ่งจะส่งกำจัดภายนอกโรงงานและจะถูกส่งผ่านสายพานไปยังเครื่องปอกเปลือกและเครื่องล้างหัวมันสำปะหลัง จะมีของเสียออกมา ได้แก่ ทรายที่ยังหลงเหลืออยู่ หิน และโลหะ จากนั้นจะใช้วิธีฉีดน้ำพ่นเป็นฝอยเพื่อทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกแล้ว ส่งไปยังเครื่องสับจะสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว ชิ้นมันสำปะหลังที่สับแล้วจะตกเข้าสู่เครื่องบดมัน เพื่อให้ได้หัวมันสำปะหลังที่เป็นเม็ดละเอียด ภายหลังการบด จะทำการแยก Fruit Water จากแป้ง และสูบออกไปโดยใช้ Decanter จะทำให้แป้งที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น น้ำแป้งจะถูกทำให้บริสุทธิ์ด้วยเครื่องแยกแป้ง (separator) เพื่อแยกแป้งออกจากน้ำแป้งทำให้ได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขั้นตอนนี้จะมีการเติมน้ำกำมะถันเพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ที่จะเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นกรดแลกติก กากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการสกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมากถึงร้อยละ 90 - 95 และมีปริมาณแป้งน้อยมาก จึงมีการแยกออกจากน้ำแป้งโดยใช้เครื่องอัดกากและนำไปตากแดด น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงนี้จะเข้าสู่ขั้นตอนการอบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม ซึ่งอุณหภูมิในการอบแห้งจะอยู่ในช่วง 120 ถึง 200 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อนประมาณ 20 ถึง 40 เมตรต่อวินาทีและ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะนำเข้าสู่ระบบก๊าซชีวภาพและขั้นตอนนี้ยังมีการเหวี่ยงอนุภาคของแป้งที่ไม่ได้ขนาด และฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนออกจากแป้งที่บริสุทธิ์ แป้งที่อบแห้งแล้วจะผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้ง เพื่อแยกแป้งหยาบซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า 150 ไมครอนออก แป้งหยาบจะถูกส่งไปละลายน้ำ และส่งกลับเข้าสู่ขั้นตอนการสกัดอีกครั้งหนึ่ง ส่วนแป้งที่ละเอียดจะบรรจุลงถุงเพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

ระบบก๊าซชีวภาพจะเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาผลิตลมร้อนในกระบวนการอบแป้ง และการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งทั้งสองกระบวนการนี้จะมีการปล่อยมลพิษอากาศออกมาจากปล่องของเตาผลิตลมร้อน เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น



รูปที่ 4.19 ผังกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

4.6.2 ทางเลือกการจัดการมลพิษอากาศโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด

จากแผนผังกระบวนการผลิตสามารถนำมาสรุปแนวทางการจัดการมลพิษอากาศของฝุ่นละอองและก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้เทคโนโลยีสะอาดในการป้องกันและแก้ไขปัญหา มลพิษอากาศจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเทคโนโลยีของโรงงานดังแสดงในตารางที่ 4.21 ในส่วน ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความเข้มข้นในปริมาณน้อยและก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ยังไม่มี ทางเลือกเทคโนโลยีจึงยังไม่ได้นำมาสรุปแนวทางการจัดการนี้ด้วย

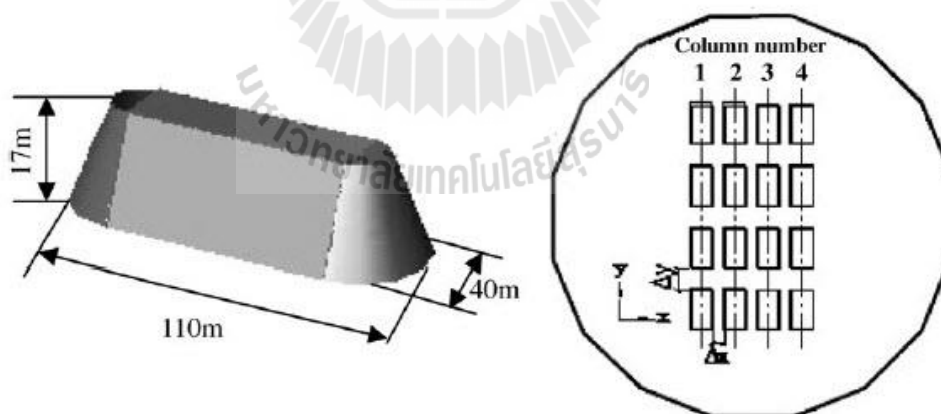
ตารางที่ 4.21 ทางเลือกการจัดการมลพิษอากาศโดยใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด

รายการ ที่	แหล่งกำเนิด มลพิษ อากาศ	ชนิดมลพิษ อากาศ	ทางเลือก เทคโนโลยี	รายละเอียด
1	ลานกอง วัตถุดิบ	ฝุ่นละออง	1.สเปรย์น้ำ 2.สร้างกำแพง ต้นไม้ 3.รูปแบบการกอง วัตถุดิบ	1.ทำการพ่นสเปรย์น้ำบริเวณลานกองวัตถุดิบ เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง 2.ปลูกต้นไม้บริเวณรอบๆลานกองวัตถุดิบ 3.จัดเรียงรูปแบบลักษณะการกองวัตถุดิบเพื่อ ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง
2	ปล่องระบาย อากาศใน กระบวนการ อบแห้ง	ฝุ่นละออง	1.ติดตั้งเครื่อง ควบคุมระบบ ไซโคลน 2.ติดตั้งเครื่อง ควบคุมระบบสูง กรอง	1.ติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศที่ปล่อง ระบายอากาศในกระบวนการอบแห้ง โดยใช้ ระบบไซโคลน 2.ติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศที่ปล่อง ระบายอากาศในกระบวนการอบแห้ง โดยใช้ ระบบสูงกรอง
3	ปล่องระบาย อากาศเครื่อง ผลิตลมร้อน	ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์	นำความร้อนทั้ง กลับมาใช้เพื่อลด การใช้เชื้อเพลิง	การนำความร้อนทั้งจากปล่องผลิต กระแสไฟฟ้ากลับมาใช้ในเครื่องผลิตลมร้อน ในกระบวนการอบแห้ง (ข้อมูลโรงงาน) จำนวน 3 เครื่องแบ่งออกเป็น 7 แนวทาง คือ 1. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 2. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 3. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 3 4. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 2 5. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 3 6. ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 และ 3 7. ติดตั้งเครื่องที่ 1 2 และ 3

4.6.2.1 ทางเลือกการจัดการที่ลานกองวัตถุดิบ

ทางเลือกเทคโนโลยีการจัดการมลพิษอากาศลานกองวัตถุดิบ มีแนวทางการลดปริมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง 3 แนวทาง คือ

1. สเปรย์น้ำบริเวณลานกองวัตถุดิบโดยใช้หัวสเปรย์ชนิดที่เหมาะสมกับการดักจับฝุ่น คือ spray nozzle full cone สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองลงได้ 21.45 % (Charinpanitkul, T., 2011)
2. สร้างกำแพงป้องกันฝุ่นละอองโดยใช้การปลูกต้นไม้รอบๆบริเวณลานกองวัตถุดิบโดยทำการปลูกต้นไม้ออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ต้นไม้สูงประมาณ 4-5 เมตร ชั้นที่ 2 ต้นไม้สูงประมาณ 4 เมตรและชั้นที่ 3 ต้นไม้สูงประมาณ 2-3 เมตร สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองลงได้ถึง 49% (Malone, 2006)
3. จัดเรียงกองวัตถุดิบโดยการนำวัตถุดิบมาจัดเรียงในลักษณะรูปไข่ (Arranged flat-topped oval piles) โดยเว้นระยะห่างของแต่ละกองในด้านแกน X ในช่วง 5 ถึง 10 เมตร และระยะห่างในด้านแกน Y ในช่วง 5 ถึง 20 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.20 สามารถลดปริมาณฝุ่นละอองลงได้ถึง 60% (Cong, X., 2012)

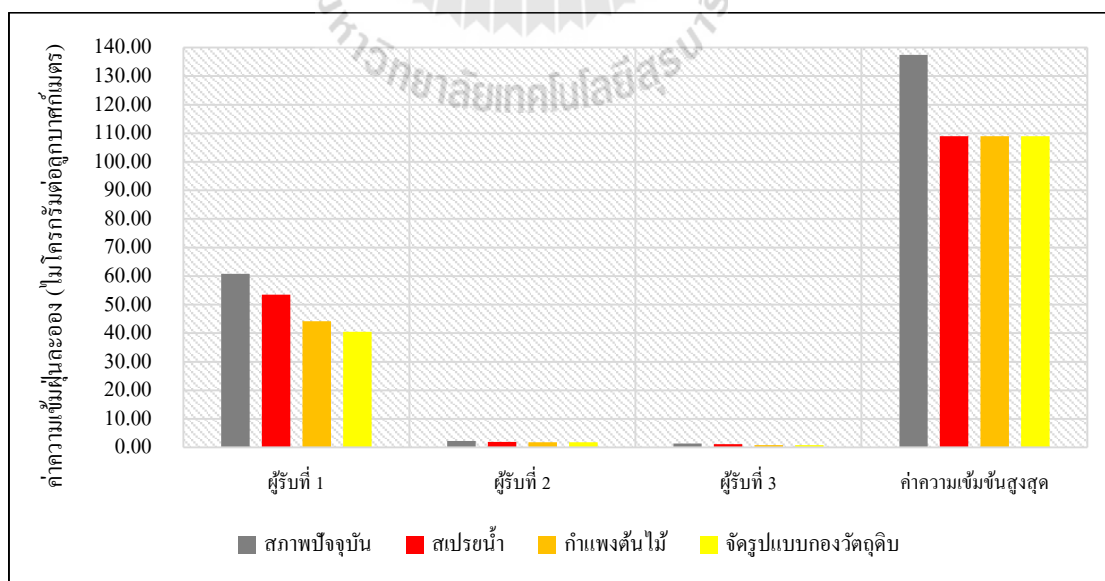


รูปที่ 4.20 รูปแบบการจัดเรียงกองวัตถุดิบ (Cong, X., 2012)

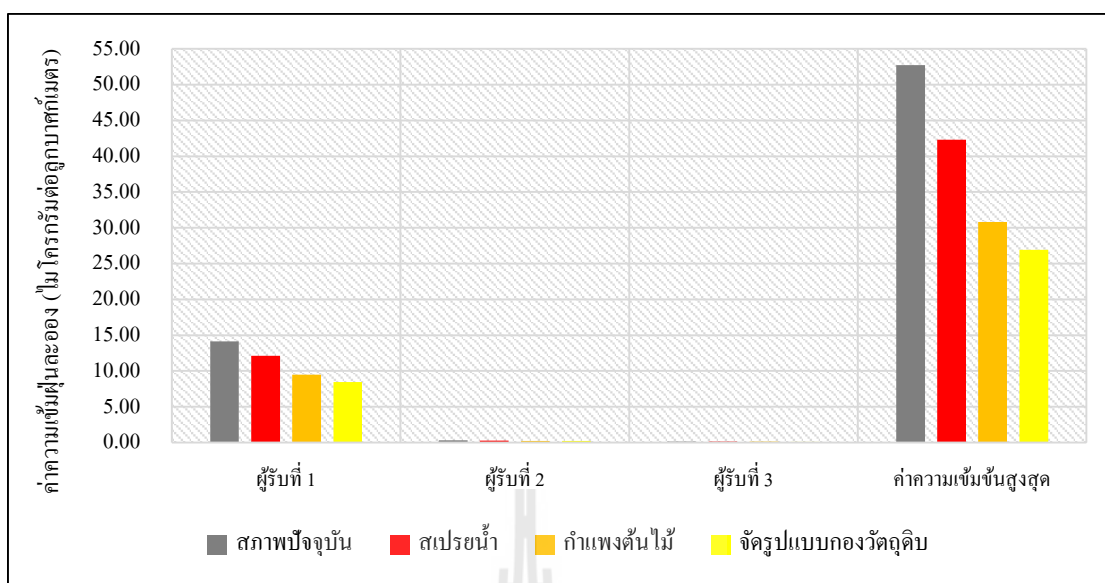
เมื่อใช้แบบจำลอง AERMOD ทำการประมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งผู้รับทั้ง 3 ตำแหน่งจากแนวทางการจัดการมลพิษอากาศลานกองวัตถุคือ สเปรย์น้ำบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุ ปลูกต้นไม้เป็นกำแพงรอบๆลานกองวัตถุและการจัดรูปแบบการกองวัตถุได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.22 และค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงแสดงรูปที่ 4.21 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1 ปีแสดงรูปที่ 4.22 พบว่าค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองของแนวทางการจัดรูปแบบการกองวัตถุ ณ ตำแหน่งผู้รับมลพิษทั้ง 3 ตำแหน่งมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางอื่นๆ แต่ค่าความเข้มข้นสูงสุดมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.22 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองในกรณีแนวทางการจัดการลานกองวัตถุ

ตำแหน่งผู้รับ มลพิษอากาศ	ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)							
	สภาพปัจจุบัน		สเปรย์น้ำ		กำแพงต้นไม้		จัดรูปแบบ กองวัตถุ	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับที่ 1	60.74	14.14	53.51	12.11	44.22	9.50	40.51	8.46
ผู้รับที่ 2	2.33	0.31	1.93	0.28	1.84	0.24	1.81	0.23
ผู้รับที่ 3	1.41	0.15	1.11	0.14	0.85	0.11	0.79	0.10
ค่าสูงสุด	137.39	52.74	109.02	42.31	109.00	30.82	108.99	26.92



รูปที่ 4.21 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

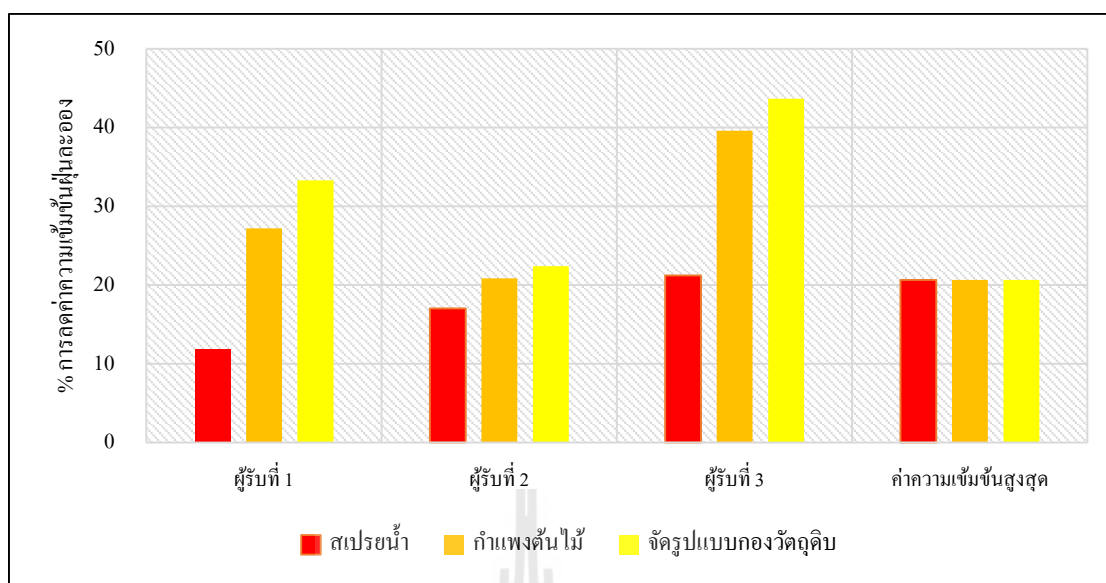


รูปที่ 4.22 ค่าความชื้นฝุนละอองเฉลี่ย 1 ปี

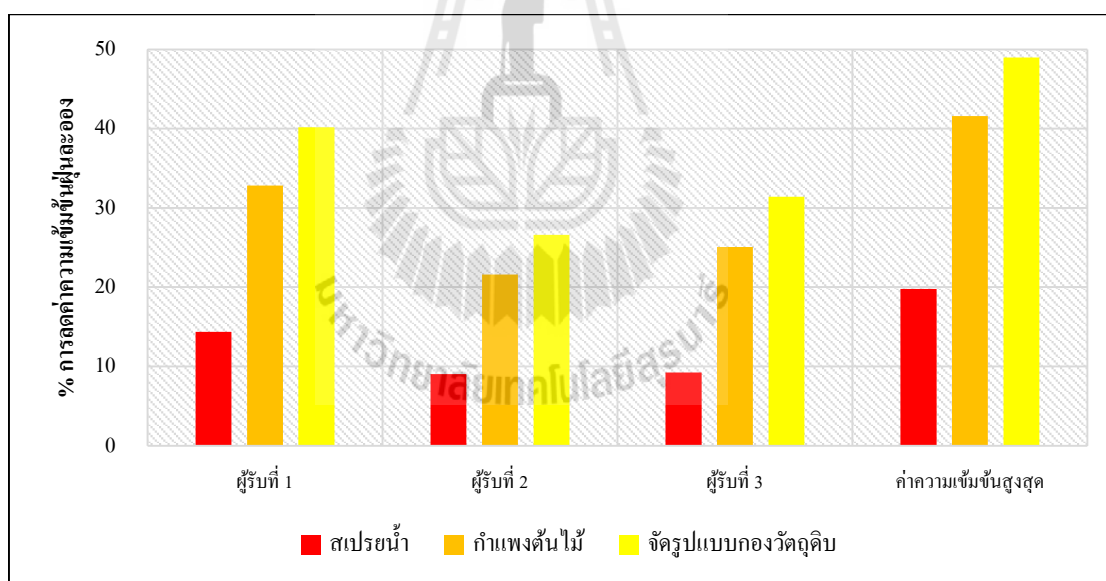
เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงค่าความชื้นฝุนละอองในแนวทางการจัดการบริเวณพื้นที่ลานกองทั้ง 3 แนวทาง พบว่าค่าความชื้นสูงสุดเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุนละอองมีอัตราการลดลงทั้ง 3 แนวทางเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นฝุนละอองในสภาพปัจจุบัน แต่พบว่าแนวทางการจัดรูปแบบกองวัตถุบิสามารถลดค่าความชื้นฝุนละอองเฉลี่ย 1 ปีได้มากกว่า 48 % ดังแสดงในตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.23 และรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.23 อัตราการลดฝุนละอองในกรณีแนวทางการเลือกจัดการลานกองวัตถุบิ

ตำแหน่งผู้รับมลพิษ อากาศ	อัตราการลดฝุนละออง (%)					
	สเปรย์น้ำ		กำแพงต้นไม้		จัดรูปแบบกองวัตถุบิ	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	11.91	14.35	27.20	32.81	33.31	40.18
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	17.04	9.01	20.86	21.59	22.38	26.61
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	21.24	9.24	39.62	25.07	43.66	31.39
ค่าความชื้นสูงสุด	20.65	19.78	20.67	41.57	20.67	48.96



รูปที่ 4.23 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง



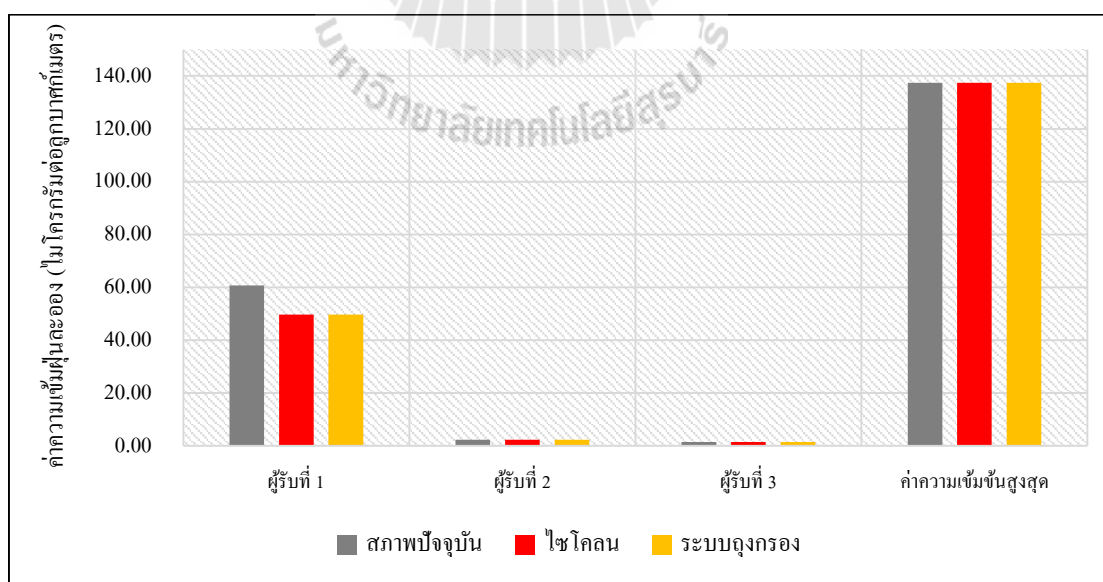
รูปที่ 4.24 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 1 ปี

4.6.2.2 ทางเลือกการจัดการที่ปล่อยระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง

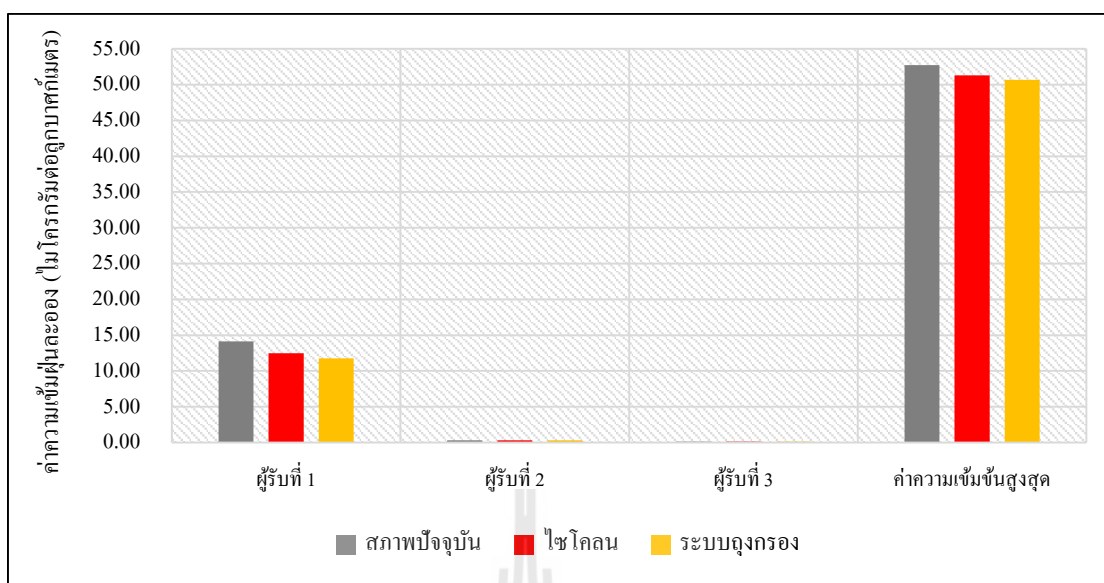
ทำการติดตั้งเครื่องควบคุมบริเวณปล่อยระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง โดยอัตราการระบายฝุ่นละอองของปล่องในสภาพปัจจุบัน เครื่องไซโคลน ระบบดุ้งกรอง มีค่าเท่ากับ 0.72, 0.38 และ 0.23 กรัมต่อวินาที ตามลำดับ (อ้างอิงค่าปัจจัยการปล่อยจาก AP-42 US.EPA, 1995) โดยแสดงการคำนวณไว้ที่ภาคผนวก ง เมื่อใช้แบบจำลอง AERMOD ประมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งผู้รับจากการติดตั้งเครื่องควบคุมทั้ง 2 ชนิด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.24 และค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงแสดงรูปที่ 4.25 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1 ปีแสดงรูปที่ 4.26

ตารางที่ 4.24 ความเข้มข้นฝุ่นละอองในกรณีติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศ

ตำแหน่งผู้รับมลพิษ อากาศ	ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)					
	สภาพปัจจุบัน		ไซโคลน		ระบบดุ้งกรอง	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	60.74	14.14	49.68	12.50	49.67	11.77
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	2.33	0.31	2.31	0.30	2.30	0.30
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	1.41	0.15	1.41	0.15	1.41	0.14
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	137.39	52.74	137.38	51.30	137.37	50.66



รูปที่ 4.25 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

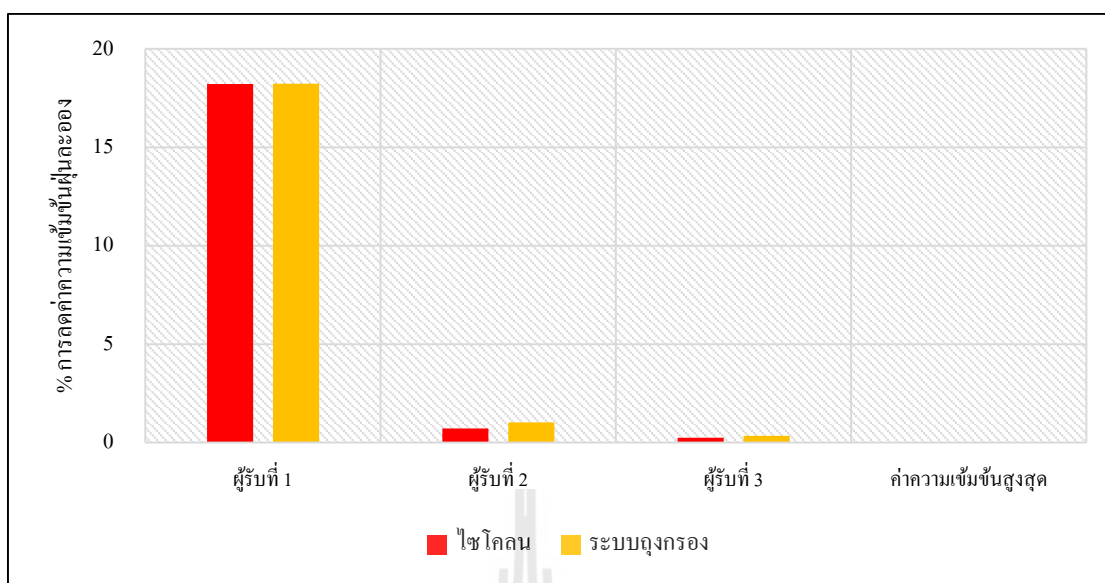


รูปที่ 4.26 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี

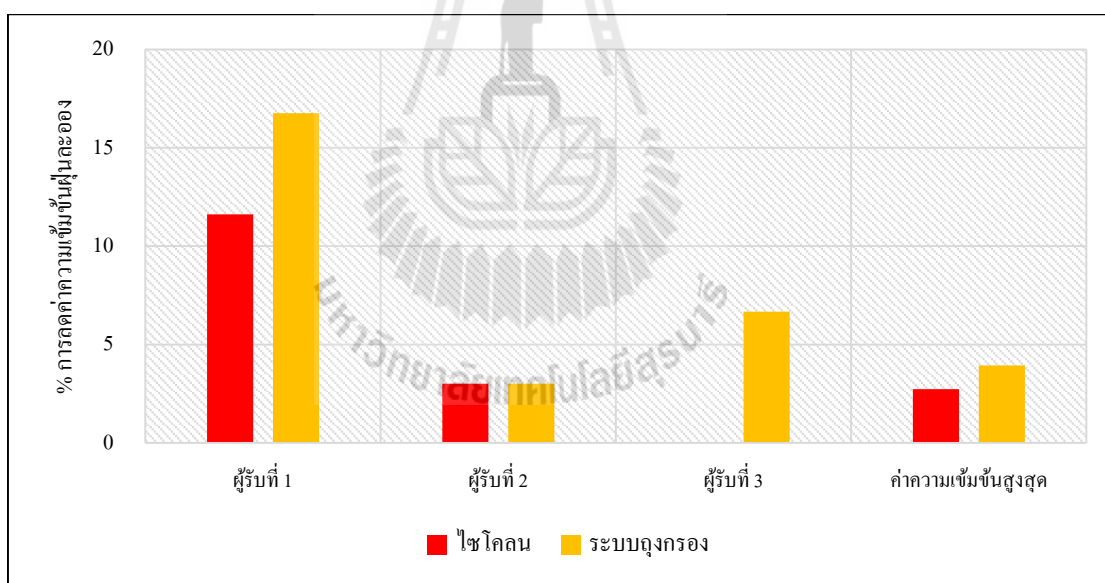
เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองในกรณีติดตั้งเครื่องควบคุมที่ปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้ง พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่นละอองมีอัตราการลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นในสภาพปัจจุบัน แต่พบว่าที่ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1 การติดตั้งระบบไซโคลนและระบบถูกรองมีอัตราการลดลงของค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองมากกว่า 18% ดังแสดงในตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.27 และรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.25 อัตราการลดฝุ่นละอองในกรณีติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศ

ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศ	อัตราการลดฝุ่นละออง (%)			
	ไซโคลน		ระบบถูกรอง	
	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 1	18.21	11.61	18.23	16.75
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 2	0.71	3.01	1.03	3.01
ผู้รับมลพิษตำแหน่งที่ 3	0.24	0.00	0.34	6.67
ค่าความเข้มข้นสูงสุด	0.01	2.74	0.01	3.95



รูปที่ 4.27 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง



รูปที่ 4.28 อัตราการลดฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 1 ปี

4.6.2.3 ทางเลือกการจัดการที่ปล่อยระบายอากาศเครื่องผลิตลมร้อน

ทำการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ (Heat Recovery) โดยใช้เครื่อง Economizer ดังแสดงรูปที่ 4.29 ซึ่งหลักการทำงาน คือ ภายในอุปกรณ์จะประกอบด้วยกลุ่มท่อจำนวนมาก ซึ่งท่อดังกล่าวจะมีครีบลอยอยู่ในช่องทางออกของก๊าซไอเสีย โดยที่ของเหลวจะไหลผ่านในท่อเพื่อรับความร้อนจากก๊าซไอเสียโดยรอบ ทำให้อุณหภูมิของของเหลวสูงขึ้นและอุณหภูมิของก๊าซไอเสียลดต่ำลง โดยทำการติดตั้งเครื่อง Economizer เข้ากับหม้อต้มน้ำมันของเครื่องผลิตลมร้อนทั้ง 3 เครื่อง เพื่อดึงความร้อนจากก๊าซทิ้งดังกล่าวกลับมาอุ่นน้ำป้อนของหม้อต้มน้ำมัน ซึ่งโรงงานได้มีการติดตั้งเครื่อง Economizer ที่เครื่องผลิตลมร้อนเครื่องที่ 2 โดยมีค่าใช้จ่ายทั้งระบบ 8 ล้านบาทและสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพได้ 30 % ซึ่งปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลงจะถูกเก็บไว้ในบ่อผลิตก๊าซชีวภาพของโรงงาน ไม่มีการนำก๊าซชีวภาพที่ลดลงไปเผาทิ้งให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่บรรยากาศ โดยมีรายละเอียดของเครื่องผลิตลมร้อนแสดงในตารางที่ 4.26



รูปที่ 4.29 เครื่อง Economizer (GrabCAD, 2016)

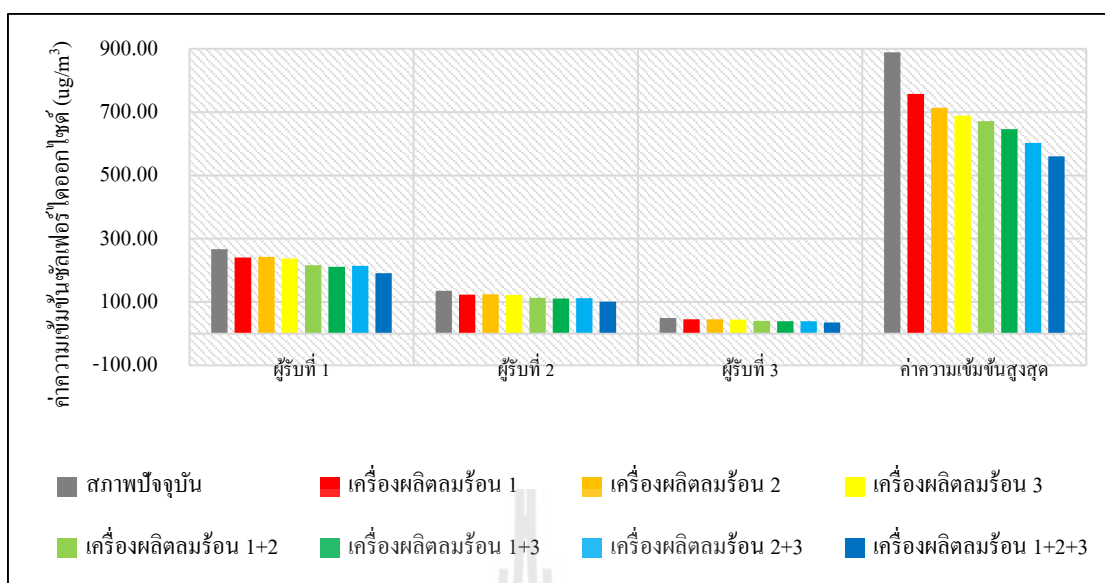
ตารางที่ 4.26 ข้อมูลของเครื่องผลิตลมร้อน

เครื่องผลิตลมร้อน	ขนาดเครื่อง (Kcal)	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ปัจจุบัน (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง กรณีนำความร้อนทิ้ง กลับมาใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)
เครื่องที่ 1	2,000,000	450	315
เครื่องที่ 2	4,000,000	725	507.5
เครื่องที่ 3	3,000,000	450	315

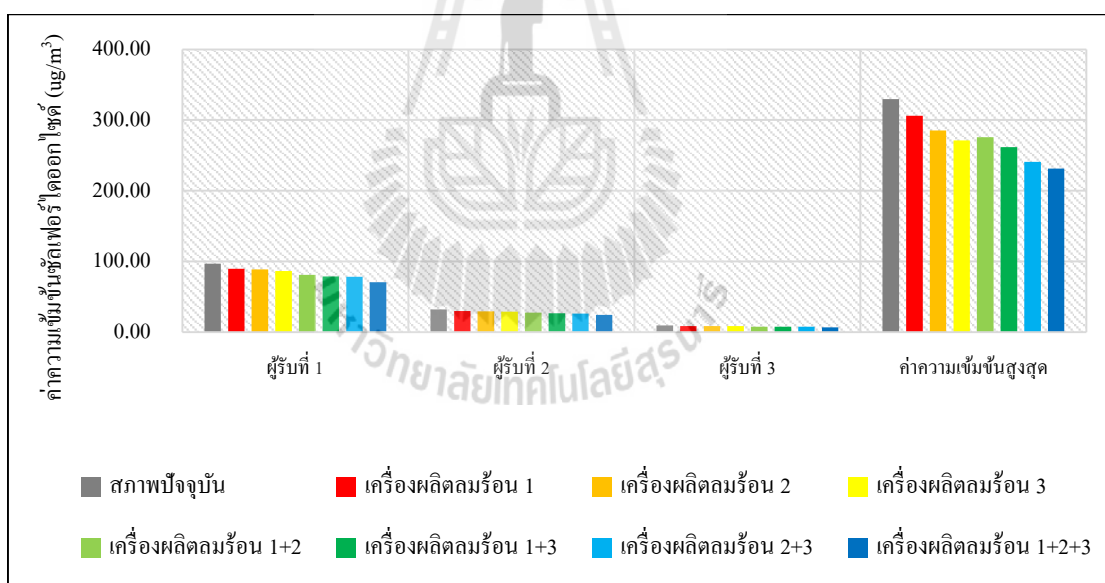
ทางเลือกเทคโนโลยีสำหรับเครื่องผลิตลมร้อน โดยการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ร่วมกับเครื่องผลิตลมร้อน ซึ่งเป็นความร้อนของก๊าซไอเสียจากปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงงาน โดยเลือกแบ่งทางเลือกออกเป็น 7 แบบด้วยกัน โดยทำการประมาณค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยแบบจำลอง AERMOD พบว่าค่าความเข้มข้นของทั้ง 7 แนวทางมีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นในสภาพปัจจุบันดังแสดงในตารางที่ 4.27 และแสดงในรูปที่ 4.30 รูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.32

ตารางที่ 4.27 ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรณีนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

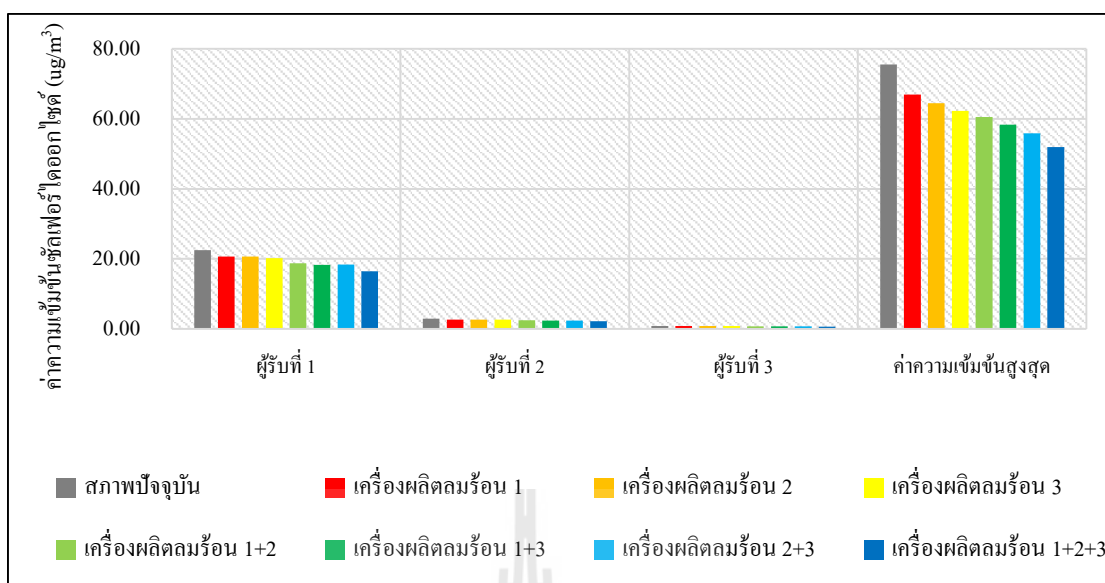
เครื่อง ผลิตลมร้อน	ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)											
	ตำแหน่งผู้รับที่ 1			ตำแหน่งผู้รับที่ 2			ตำแหน่งผู้รับที่ 3			ความเข้มข้นสูงสุด		
	ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย		
	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี
สภาพปัจจุบัน	267.14	96.91	22.54	135.15	31.83	2.91	49.99	9.53	0.87	889.07	329.44	75.56
เครื่องที่ 1	241.13	89.30	20.64	123.84	29.71	2.67	45.09	8.59	0.79	757.19	305.91	66.97
เครื่องที่ 2	242.51	88.70	20.68	124.91	29.40	2.68	45.25	8.63	0.79	714.49	285.27	64.51
เครื่องที่ 3	237.66	86.43	20.22	122.25	28.67	2.63	44.69	8.52	0.78	688.92	271.37	62.27
เครื่องที่ 1+2	216.50	81.09	18.78	113.60	27.27	2.44	40.35	7.69	0.70	671.46	275.52	60.58
เครื่องที่ 1+3	211.65	78.82	18.32	110.95	26.55	2.39	39.79	7.58	0.70	645.90	261.62	58.33
เครื่องที่ 2+3	214.47	78.22	18.37	112.01	26.24	2.40	39.94	7.62	0.70	603.20	240.98	55.87
เครื่องที่ 1+2+3	191.69	70.61	16.47	100.71	24.11	2.16	35.04	6.68	0.62	560.17	231.22	51.94



รูปที่ 4.30 ค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.31 ค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

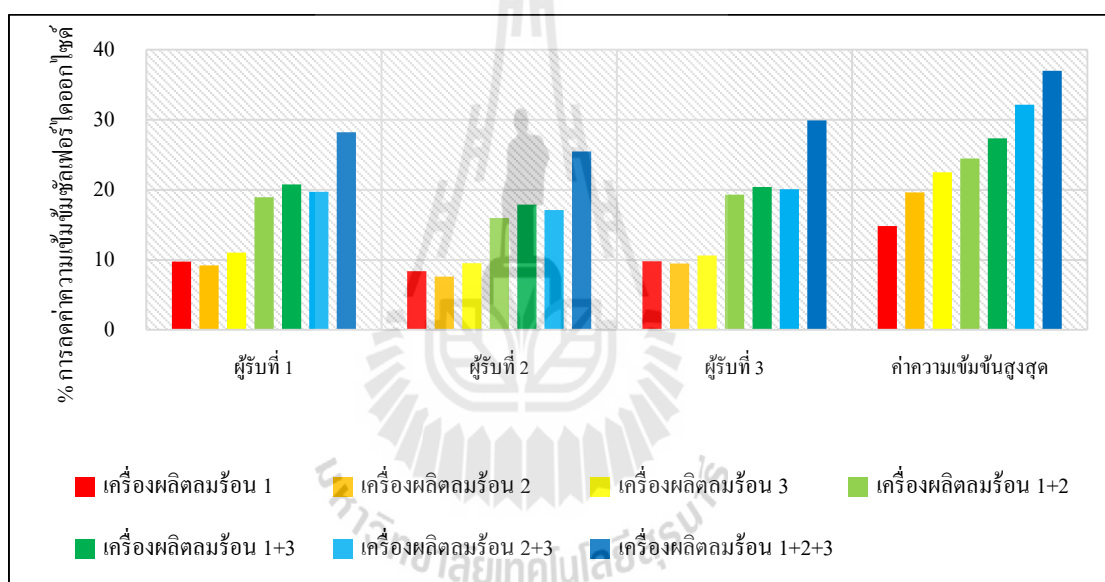


รูปที่ 4.32 ค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ค่าเฉลี่ย 1 ปี

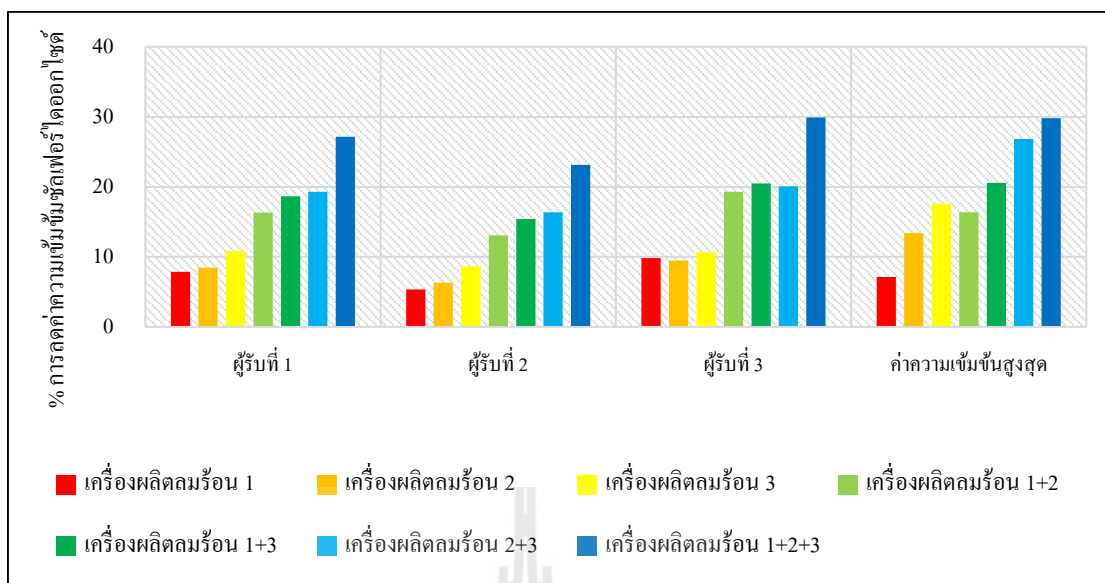
เมื่อพิจารณาอัตราการลดลงของค่าความเข้มข้นคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์ในกรณีนำไอเสียจากปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้กับเครื่องผลิตลมร้อนสำหรับกระบวนการอบแป้ง พบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีของคลอโรฟิลล์ไดออกไซด์มีอัตราการลดลงสูงสุดโดยการนำไอเสียกลับมาใช้กับเครื่องผลิตลมร้อนพร้อมกันทั้ง 3 เครื่องเท่ากับ 36.99% 29.81% และ 31.27% ตามลำดับและมีอัตราการลดลงน้อยที่สุดคือการนำไอเสียกลับมาใช้กับเครื่องผลิตลมร้อนเครื่องที่ 1 เพียงเครื่องเดียวโดยมีอัตราการลดลงเท่ากับ 7.14% -14.83% ดังแสดงในตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.33 รูปที่ 4.34 และรูปที่ 4.35

ตารางที่ 4.28 อัตราการลดชั้นเฟอร์ไดออกไซด์จากการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

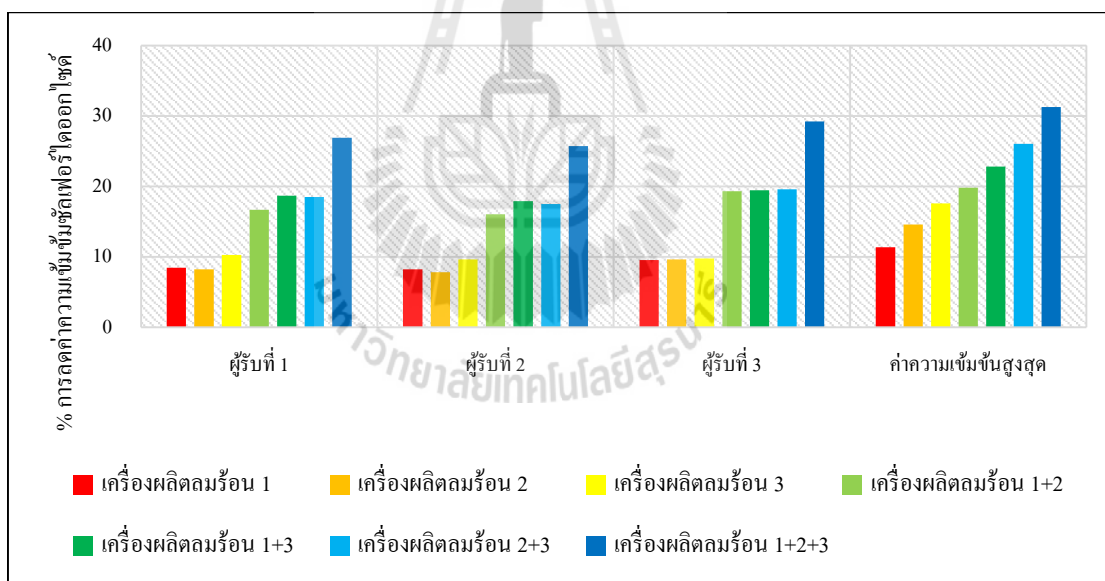
เครื่อง ผลิตความร้อน	อัตราการลดชั้นเฟอร์ไดออกไซด์ (%)											
	ตำแหน่งผู้รับที่ 1			ตำแหน่งผู้รับที่ 2			ตำแหน่งผู้รับที่ 3			ความเข้มข้นสูงสุด		
	ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย			ค่าเฉลี่ย		
	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี	1 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	1 ปี
เครื่องที่ 1	9.74	7.85	8.45	8.37	5.33	8.23	9.80	9.83	9.55	14.83	7.14	11.37
เครื่องที่ 2	9.22	8.47	8.24	7.58	6.31	7.84	9.49	9.44	9.66	19.64	13.41	14.62
เครื่องที่ 3	11.04	10.82	10.27	9.54	8.63	9.67	10.61	10.64	9.80	22.51	17.63	17.59
เครื่องที่ 1+2	18.96	16.32	16.67	15.95	13.08	16.07	19.29	19.28	19.33	24.48	16.37	19.83
เครื่องที่ 1+3	20.77	18.67	18.70	17.91	15.41	17.91	20.41	20.48	19.47	27.35	20.59	22.80
เครื่องที่ 2+3	19.72	19.29	18.49	17.12	16.38	17.51	20.10	20.09	19.58	32.15	26.85	26.06
เครื่องที่ 1+2+3	28.24	27.14	26.92	25.49	23.16	25.75	29.90	29.92	29.25	36.99	29.81	31.27



รูปที่ 4.33 อัตราการลดชั้นเฟอร์ไดออกไซด์ ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.34 อัตราการลดคอเลสเตอรอลค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง

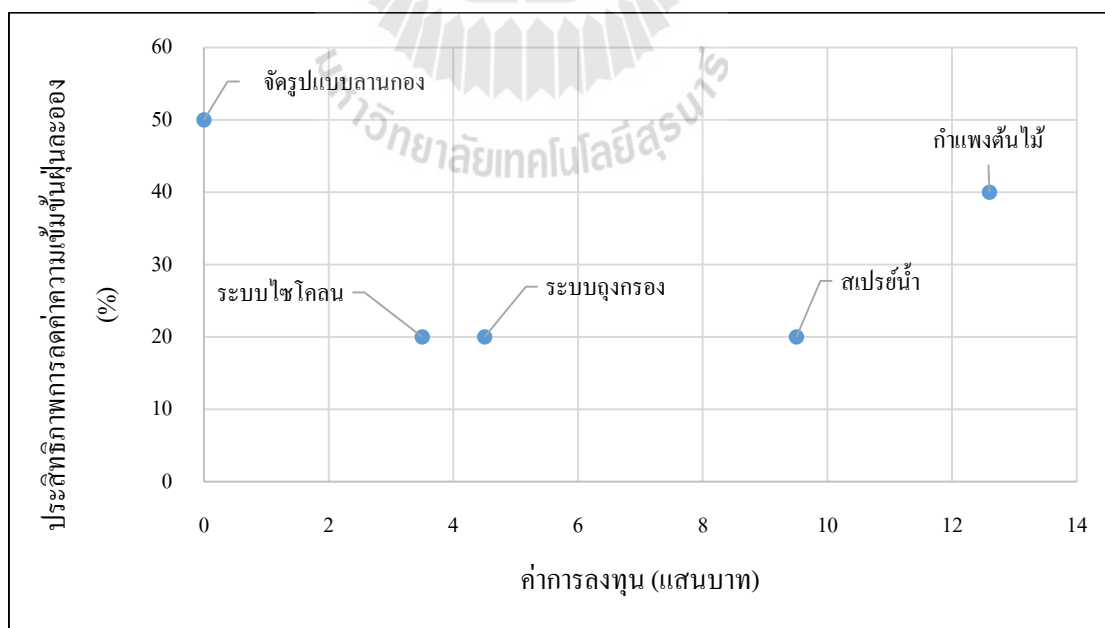


รูปที่ 4.35 อัตราการลดคอเลสเตอรอลค่าเฉลี่ย 1 ปี

4.6.3 การประเมินค่าการลงทุนทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด

4.6.3.1 ทางเลือกการจัดการฝุ่นละออง

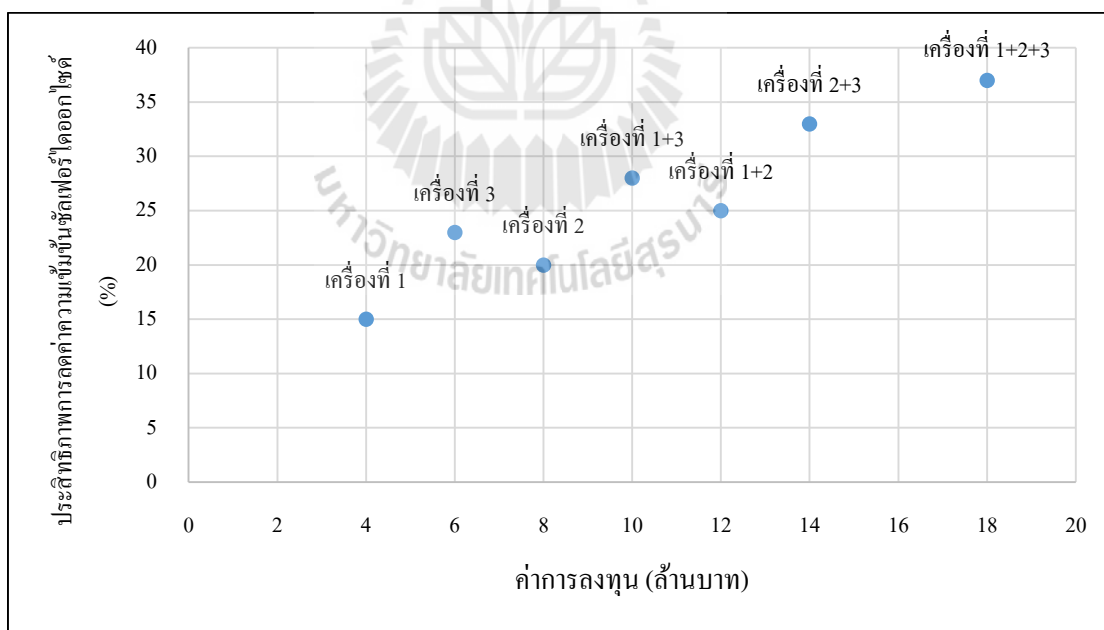
การจัดการฝุ่นละอองของโรงงานอุตสาหกรรมที่ทำการศึกษา มี 2 แหล่งกำเนิด คือ ลานกองวัตถุดิบและปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้ง โดยลานกองวัตถุดิบมีทางเลือกเทคโนโลยีทั้งหมด 3 วิธี คือ การสเปรย์น้ำโดยใช้ชุดเครื่องพ่นสเปรย์น้ำมีขนาดครอบคลุมเป็นพื้นที่ 200 ตารางเมตร จำนวนทั้งหมด 35 อัน โดยคิดเป็นค่าการลงทุนประมาณ 950,000 บาท โดยสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงได้ 20% วิธีการปลูกต้นไม้รอบลานกองวัตถุดิบโดยใช้ต้นไม้ทั้งหมด 360 ต้น โดยคิดเป็นค่าการลงทุนประมาณ 1,260,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงได้ 40% วิธีการจัดการรูปแบบการกองวัตถุดิบไม่มีค่าการลงทุน และสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงได้ 50% ในส่วนของการติดตั้งเครื่องควบคุมมลพิษที่ปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้ง โดยใช้เครื่องไซโคลนมีค่าการลงทุนประมาณ 350,000 บาท ระบบดูดกรองมีค่าการลงทุนประมาณ 450,000 บาท โดยทั้งสองระบบสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงได้ 20% ดังแสดงในรูปที่ 4.36 พบว่าการจัดรูปแบบลานกองวัตถุดิบมีค่าการลงทุนที่ต่ำและมีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นสูงกว่าทางเลือกอื่นๆ ในส่วนของระบบไซโคลนและระบบดูดกรองมีค่าการลงทุนต่ำแต่ก็ให้ประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นต่ำเช่นกัน



รูปที่ 4.36 ค่าการลงทุนและประสิทธิภาพเทคโนโลยีลดฝุ่นละออง

4.6.3.2 ทางเลือกการจัดการซัลเฟอร์ไดออกไซด์

แนวทางการลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการนำไอเสียจากปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้กับเครื่องผลิตความร้อนสำหรับกระบวนการอบแป้ง ทั้งหมด 7 แนวทาง คือ ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 มีค่าการลงทุน 4,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 15% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 มีค่าการลงทุน 8,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 20% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 3 มีค่าการลงทุน 6,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 23% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 2 มีค่าการลงทุน 12,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 25% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 3 มีค่าการลงทุน 10,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 28% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 และ 3 มีค่าการลงทุน 14,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 33% และติดตั้งทั้งหมด 3 เครื่องมีค่าการลงทุน 18,000,000 บาท สามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลง 37% ดังแสดงในรูปที่ 4.37 การติดตั้งกับเครื่องที่ 1 2 และ 3 ให้ประสิทธิภาพการลดค่าความเข้มข้นได้สูงแต่ก็มีค่าการลงทุนสูง ในส่วนของทางเลือกอื่นๆ แนวโน้มของประสิทธิภาพการลดค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามค่าการลงทุน



รูปที่ 4.37 ค่าการลงทุนและประสิทธิภาพเทคโนโลยีลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์

4.7 การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือก

4.7.1. เกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือก

การกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของการศึกษานี้พิจารณาตัวอย่างจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องและนำมาปรับใช้ดังต่อไปนี้ 1.) แบบฟอร์มการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาดของสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, 2547) ได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนทางด้านเศรษฐศาสตร์ออกเป็น 1 คะแนน คือ ลงทุนสูง 2 คะแนน คือ ลงทุนปานกลางและ 3 คะแนน คือ ลงทุนต่ำ ทางด้านสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น 1 คะแนน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง 2 คะแนน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลางและ 3 คะแนน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ 2.) การประเมินผลในด้านประสิทธิภาพตามหลักเทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นดิบ (วิวัฒน์, 2553) ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนนจำแนกออกเป็นระดับคะแนนดีมากหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น (3 คะแนน) ระดับคะแนนปานกลางหรือไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ (2 คะแนน) และระดับคะแนนน้อยหรือมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่แย่ลง (1 คะแนน) จึงได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมทางด้านต่างๆออกเป็น 5 ระดับเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของทางเลือกได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนดังต่อไปนี้

4.7.1.1 เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม

- 1 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศน้อยกว่า 20% ของค่ามาตรฐาน
- 2 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 20-40% ของค่ามาตรฐาน
- 3 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 40-60% ของค่ามาตรฐาน
- 4 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 60-80% ของค่ามาตรฐาน
- 5 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศมากกว่า 80% ของค่ามาตรฐาน

4.7.1.2 เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

- 1 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 4 ปี หรือไม่สามารคืนทุนได้ มีความน่าจะเป็นในการลงทุนน้อยมาก
- 2 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 3 – 4 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนน้อย

3 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 2 – 3 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนปานกลาง

4 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 1 – 2 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนมาก

5 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 1 ปี หรือไม่มีการลงทุน มีความน่าจะเป็นในการลงทุนมากที่สุด

4.7.1.3 เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางเทคนิค

1 คะแนน คือ ยังไม่มีเทคโนโลยีอยู่จริงและยังไม่มีนำไปปฏิบัติจริง

2 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงแต่ยังไม่มีนิยมนำไปปฏิบัติจริง

3 คะแนน คือ เทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้น้อยกว่า 30%

4 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้ 30%-60%

5 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้มากกว่า 60%

4.7.2 พิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้น

4.7.2.1 ลานกองวัตถุดิบ

การพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้นทั้ง 3 ด้าน คือ

1. ด้านสิ่งแวดล้อม

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากโรงงานพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและ 1 ปีมีค่าเท่ากับ 137.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ 52.74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็น 58.36% และ 47.26% ของค่ามาตรฐาน พบว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 40-60% ของค่ามาตรฐาน คะแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อมในกรณีลานกองวัตถุดิบ คือ 3 คะแนน

2. ด้านเศรษฐศาสตร์

จากแนวทางการลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองโดยการสเปรย์น้ำและการสร้างกำแพงต้นไม้เป็นการลงทุนเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง ซึ่งไม่สามารถคิดค่าคุ้มทุนได้ คะแนนในด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการสเปรย์น้ำและการสร้างกำแพง คือ 1 คะแนน ใน

ส่วนของการจัดรูปแบบการกองวัตถุเป็นแนวทางการจัดการที่ไม่มีการลงทุนเพียงแต่เป็นการปรับเปลี่ยนรูปแบบการกองของวัตถุ คະแนนในด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยแนวทางนี้ คือ 5 คະแนน

3. ด้านเทคนิค

การสเปรย์น้ำบริเวณลานกองวัตถุสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้ 9.01 – 21.24% แนวทางนี้ลดค่าความเข้มข้นได้น้อยกว่า 30% คະแนนในด้านเทคนิค คือ 3 คະแนน ในส่วนของการสร้างกำแพงต้นไม้สามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้ 20.67 – 41.57% และการจัดรูปแบบการกองวัตถุสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้ 20.67 – 48.96% ทั้งสองแนวทางลดค่าความเข้มข้นได้มากกว่า 30% แต่ไม่ถึง 60% คະแนนทางด้านเทคนิคของสองแนวทางนี้ คือ 4 คະแนน

4.7.2.2 ปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง

การพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้นทั้ง 3 ด้าน คือ

1. ด้านสิ่งแวดล้อม

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากโรงงานพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและ 1 ปีมีค่าเท่ากับ 137.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและ 52.74 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งคิดเป็น 58.36% และ 47.26% ของค่ามาตรฐาน พบว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 40-60% ของค่ามาตรฐานคະแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อมในกรณีปล่องระบายอากาศในกระบวนการอบแป้ง คือ 3 คະแนน

2. ด้านเศรษฐศาสตร์

จากแนวทางการลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองโดยการติดตั้งเครื่องควบคุมทั้งระบบไซโคลนและระบบดุ้งกรองเป็นการลงทุนเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองซึ่งไม่สามารถคิดค่าคืนทุนได้ คະแนนในด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยวิธีการติดตั้งเครื่องควบคุมด้วยระบบไซโคลนและระบบดุ้งกรอง คือ 1 คະแนน

3. ด้านเทคนิค

การติดตั้งเครื่องควบคุมบริเวณปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้งด้วยระบบไซโคลนสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้ 0 - 18.21% และในส่วนของระบบดุ้งกรองสามารถลดค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองได้ 0.01 - 18.23% ทั้งสองระบบสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้น้อยกว่า 30% คະแนนในด้านเทคนิค คือ 3 คະแนน

4.7.2.3 ปล่องระบายอากาศเครื่องผลิตมร่อน

การพิจารณาความเหมาะสมเบื้องต้นทั้ง 3 ด้าน คือ

1. ด้านสิ่งแวดล้อม

ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากโรงงานพบว่าค่าความเข้มข้นสูงสุดที่ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีพบว่าไม่เกินมาตรฐานคะแนนทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ 5 คะแนน

2. ด้านเศรษฐศาสตร์

จากแนวทางการลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยการนำไอเสียจากปล่องระบายอากาศของระบบผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้กับเครื่องผลิตความร้อนสำหรับกระบวนการอบแป้ง สามารถคิดค่าการลงทุนและค่าการคืนทุนดังแสดงในตารางที่ 4.29 การนำความร้อนที่กลับมาใช้เฉพาะเครื่องที่ 1 และเฉพาะเครื่องที่ 1 กับ 2 สามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 1 ปี คะแนนทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ 5 คะแนน ในส่วนของการนำความร้อนที่กลับมาใช้ด้วยแนวทางอื่นๆสามารถคืนทุนได้ในระยะเวลา 1-2 ปี คะแนนทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ 4 คะแนน

ตารางที่ 4.29 ค่าการลงทุนและค่าการคืนทุนในกรณีการนำความร้อนที่กลับมาใช้

เครื่อง ผลิตความร้อน	ปริมาณ เชื้อเพลิงที่ ใช้ใน ปัจจุบัน (ลบ.ม/ชม.)	ปริมาณการใช้ เชื้อเพลิงกรณี นำความร้อน ที่กลับมาใช้ (ลบ.ม/ชม.)	ปริมาณการใช้ เชื้อเพลิงที่ลด ได้ (ลบ.ม/ชม.)	เงินลงทุน (บาท)	ค่าเชื้อเพลิงที่ ลดได้ต่อปี (บาท)	ระยะเวลาคืน ทุน (ปี)
เครื่องที่ 1	450	315	135	4,000,000	4,665,600	0.86
เครื่องที่ 2	725	507.5	217.5	8,000,000	7,516,800	1.06
เครื่องที่ 3	450	315	135	6,000,000	4,665,600	1.29
เครื่องที่ 1+2	1,175	822.5	352.5	12,000,000	12,182,400	0.99
เครื่องที่ 1+3	900	630	270	10,000,000	9,331,200	1.07
เครื่องที่ 2+3	1,175	822.5	352.5	14,000,000	12,182,400	1.15
เครื่องที่ 1+2+3	1,625	1137.5	487.5	18,000,000	16,848,000	1.07

*ค่าเชื้อเพลิงก๊าซชีวภาพ 4.80 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2543)

*เดินเครื่องตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน วันทำงาน 300 วันต่อปี

3. ด้านเทคนิค

การนำความร้อนก๊าซไอเสียจากปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าภายในโรงงานมาใช้กับเครื่องผลิตความร้อนในกระบวนการอบแป้งสามารถลดค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังนี้ คิดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 สามารถลดได้ 5.33 – 14.83% คิดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 สามารถลดได้ 6.31 – 19.64% คิดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 3 สามารถลดได้ 8.63 – 22.51%

ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 2 สามารถลดได้ 13.08 – 24.48% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 และ 3 สามารถลดได้ 17.91 – 27.35% ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2 และ 3 สามารถลดได้ 16.38 – 32.15% และติดตั้งทั้งหมด 3 เครื่อง สามารถลดได้ 23.16 – 36.99% 29 การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้เฉพาะเครื่องที่ 2 กับ 3 และใช้พร้อมกันทั้ง 3 เครื่อง สามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้ 30%-60% คะแนนทางด้านเทคนิค คือ 4 คะแนน ในส่วนของการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ด้วยแนวทางอื่นๆ สามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้น้อยกว่า 30% คะแนนทางด้านเทคนิค คือ 3 คะแนน โดยสามารถนำมาสรุปเป็นคะแนนรวมโดยพิจารณาทั้ง 3 ด้านดังแสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 คะแนนความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือกเทคโนโลยี

แหล่งกำเนิดมลพิษ อากาศ	ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด	คะแนนความเป็นไปได้			คะแนน รวม (15 คะแนน)
		ด้าน สิ่งแวดล้อม (5 คะแนน)	ด้าน เศรษฐศาสตร์ (5 คะแนน)	ด้าน เทคนิค (5 คะแนน)	
ลานกองวัตถุดิบ	สเปรย์น้ำ	3	1	3	7
	สร้างกำแพง	3	1	4	8
	รูปแบบการกองวัตถุดิบ	3	5	4	12
ปล่องระบายอากาศใน กระบวนการอบแป้ง	ระบบไซโคลน	3	1	3	7
	ระบบถุงกรอง	3	1	3	7
ปล่องระบายอากาศ เครื่องผลิตลมร้อน	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1	5	5	3	13
	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2	5	4	3	12
	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 3	5	4	3	12
	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1+2	5	5	3	13
	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1+3	5	4	3	12
	ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 2+3	5	4	4	13
	ติดตั้งทั้ง 3 เครื่อง	5	4	4	13

จากคะแนนการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นพบว่าปัญหามลพิษอากาศของปล่องผลิตลมร้อน คือ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ควรได้รับการแก้ไขก่อนเนื่องจากมีความเหมาะสมทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านเทคนิค ส่วนถัดมาคือการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองบริเวณลานกองวัตถุดิบโดยใช้แนวทางการจัดรูปแบบของกองวัตถุดิบ

4.8 การประเมินความเหมาะสมของการใช้แบบจำลอง

นำผลการประเมินค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 และแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มาประเมินความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติโดยวิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) และวิเคราะห์ Paired - Sample T test โดยค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองจาก SCREEN3 กับ AERMOD

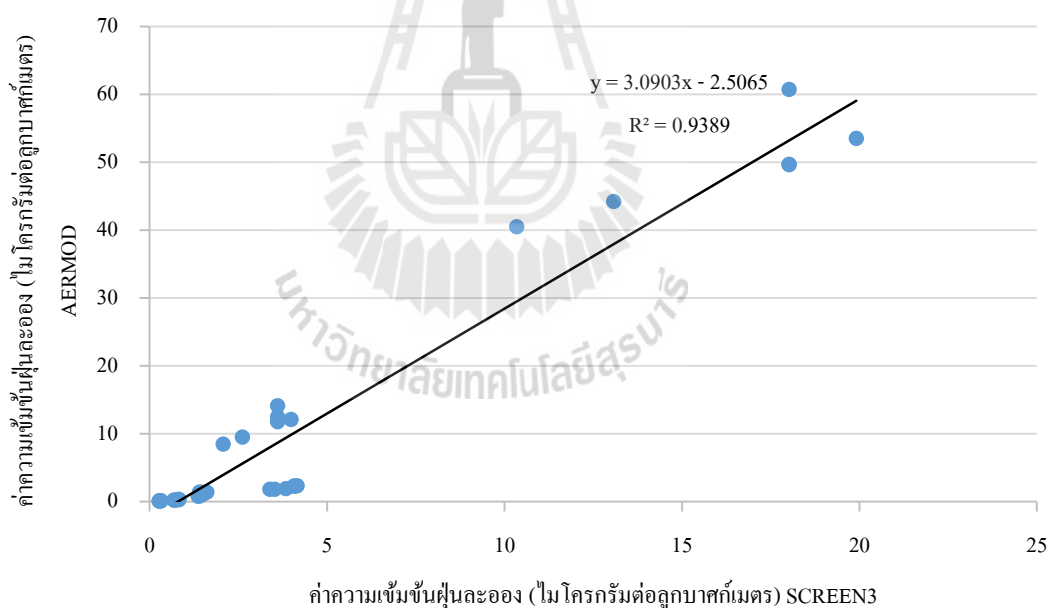
เทคโนโลยี	ตำแหน่งผู้รับ	ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)			
		ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 1 ปี	
		SCREEN3	AERMOD	SCREEN3	AERMOD
สภาพปัจจุบัน	ผู้รับที่ 1	18.02	60.74	3.60	14.14
	ผู้รับที่ 2	4.15	2.33	0.83	0.31
	ผู้รับที่ 3	1.61	1.41	0.32	0.15
สเปรย์	ผู้รับที่ 1	19.91	53.51	3.98	12.11
	ผู้รับที่ 2	3.84	1.93	0.77	0.28
	ผู้รับที่ 3	1.51	1.11	0.30	0.14
สร้างกำแพง	ผู้รับที่ 1	13.07	44.22	2.61	9.50
	ผู้รับที่ 2	3.52	1.84	0.70	0.24
	ผู้รับที่ 3	1.41	0.85	0.28	0.11
รูปแบบการกอง วัตถุดิบ	ผู้รับที่ 1	10.34	40.51	2.07	8.46
	ผู้รับที่ 2	3.39	1.81	0.68	0.23
	ผู้รับที่ 3	1.37	0.79	0.27	0.10
ไซโคลน	ผู้รับที่ 1	18.02	49.68	3.60	12.50
	ผู้รับที่ 2	4.09	2.31	0.82	0.30
	ผู้รับที่ 3	1.46	1.41	0.29	0.15
ถุงกรอง	ผู้รับที่ 1	18.02	49.67	3.60	11.77
	ผู้รับที่ 2	4.06	2.30	0.81	0.30
	ผู้รับที่ 3	1.40	1.41	0.28	0.14

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson product-moment correlation coefficient)

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองสภาพปัจจุบันและค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองกับทางเลือกเทคโนโลยีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 กับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีค่าเท่ากับ 0.969 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 และแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis)

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองสภาพปัจจุบันและค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองกับทางเลือกเทคโนโลยีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีที่ประเมินได้แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปีที่ประเมินได้แบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจเท่ากับ 0.9389 ทั้งค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าเฉลี่ย 1 ปีแสดงในรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 การถดถอยเชิงเส้นค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองระหว่าง SCREEN3 กับ AERMOD

3. วิเคราะห์ Paired - Sample T test

ในการวิเคราะห์ได้กำหนดสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

$H_0: \mu_A = \mu_B$ ค่าความเข้มข้นจาก SCREEN3 ไม่แตกต่างค่าความเข้มข้นจาก AERMOD

$H_1: \mu_A \neq \mu_B$ ค่าความเข้มข้นจาก SCREEN3 แตกต่างค่าความเข้มข้นจาก AERMOD

จากผลการวิเคราะห์ Paired Sample T-test สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ค่า t เท่ากับ -3.039 และ ค่า Sig. 2 tailed เท่ากับ 0.004 แสดงในตารางที่ 4.32 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธ H_0 นั่นคือยอมรับ $H_1: \mu_A \neq \mu_B$ ค่าความเข้มข้นจาก SCREEN3 แตกต่างค่าความเข้มข้นจาก AERMOD ดังนั้นค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 กับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD มีค่าแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ Paired Sample T-test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	SCREEN3 - AERMOD	-6.49333	12.82092	2.13682	-10.83131	-2.15536	-3.039	35	.004

การวิเคราะห์ความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยการเปรียบเทียบข้อมูลนำเข้าของแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 กับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ดังแสดงในตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ความต้องการข้อมูลนำเข้าและประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลอง

ข้อมูล	SCREEN3	AERMOD
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาพื้นผิว (SCREEN ใช้เฉพาะค่าความเร็วลมและเสถียรภาพของชั้นบรรยากาศ)	×	✓
ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน	×	✓
ข้อมูลภูมิประเทศ (SCREEN ใช้ข้อมูลลักษณะพื้นที่ตัวอย่าง)	×	✓
แหล่งกำเนิด 1 แหล่ง	✓	✓
แหล่งกำเนิดหลายแหล่ง	×	✓
ค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศเฉลี่ย 1 ชั่วโมง	✓	✓
ค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศเฉลี่ย 24 ชั่วโมง	×	✓
ค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศเฉลี่ย 1 ปี	×	✓

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมการใช้งานแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 กับแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD โดยการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติพบว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศทั้ง 2 ชนิดมีความสัมพันธ์กันของข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ สามารถอธิบายได้ถึงแนวโน้มของค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้น แต่จากการทดสอบความแตกต่างของข้อมูลค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้จากแบบจำลองทั้ง 2 ชนิดพบว่ามีความแตกต่างกันสามารถอธิบายได้ว่าข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้มีผลต่อค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ โดยค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลอง SCREEN3 ที่มีการเลือกใช้ค่าเสถียรภาพแบบปานกลางและใช้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของปี พ.ศ.2555 คือ 1.5 เมตรต่อวินาทีพบว่า มีค่าน้อยกว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลอง AERMOD จากตัวอย่างงานวิจัยทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลอง SCREEN3 และ Industrial Source Complex3 (ISC3) ที่ได้พัฒนามาเป็นแบบจำลอง AERMOD พบว่าค่าความเข้มข้นพื้นผิวที่มากที่สุดที่ทำนายได้จาก SCREEN3 จะมากกว่าค่าที่ทำนายได้จาก ISC3 เนื่องจากค่าความเข้มข้นที่ทำนายได้จากแบบจำลอง SCREEN3 เลือกใช้สภาพอุตุนิยมวิทยาเป็นกรณีที่เลวร้ายที่สุด (Worst-Case) Chaowanaporn, A. (2009).

ส่วนการนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองคุณภาพอากาศของ SCREEN3 มีการใช้ข้อมูลของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ ค่าความเร็วลมและค่าเสถียรภาพของชั้นบรรยากาศ โดยข้อมูลลักษณะภูมิประเทศเป็นตัวแทนของพื้นที่แบบเมืองและแบบชนบท ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศ

AERMOD ความต้องการข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้น คือ ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ปริมาณเมฆและความสูงฐานเมฆ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบนและข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ

ประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 สามารถประเมินค่าความเข้มข้นได้ครั้งละ 1 แหล่งกำเนิด ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถประเมินค่าความเข้มข้นของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศหลายๆแหล่งพร้อมกันได้ และค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 เป็นค่าเฉลี่ยที่ 1 ชั่วโมงแตกต่างจากแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถเลือกค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ต้องการได้ เช่น เฉลี่ย 1 ชั่วโมง เฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี

แนวทางการใช้งานแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 และแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD จากกรณีศึกษาสามารถนำไปใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ โดยการจัดเตรียมข้อมูลหรือการจัดทำบัญชีการปล่อยมลพิษอากาศของแต่ละโรงงานจะมีความพร้อมของข้อมูลที่แตกต่างกันไป โดยข้อมูลประกอบไปด้วย ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้น (Surface Air Data) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบน (Upper Air Data) ข้อมูลความสูงของพื้นที่ (Terrain Data) ข้อมูลค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้น (Surface Characteristics) ข้อมูลมาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air Quality Standard) ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Source Data) ข้อมูลผู้รับมลพิษอากาศ (Receptor Data) และข้อมูลกระบวนการผลิต เป็นต้น

ค่าความเข้มข้นที่ได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 และแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เมื่อมีการลดอัตราการเกิดมลพิษอากาศของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศเพียงแหล่งเดียวลงในสัดส่วนหนึ่ง ค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้จากแบบจำลองทั้งสองชนิดที่ตำแหน่งผู้รับเดียวกันก็จะมีค่าความเข้มข้นลดลงเท่ากับสัดส่วนอัตราการเกิดมลพิษอากาศที่ลดลงสอดคล้องกับสมการ Gaussian แต่ในกรณีมีแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศหลายแหล่งกำเนิด ค่าความเข้มข้นจะไม่แปรผันตามสัดส่วนของอัตราการเกิดมลพิษอากาศที่ลดลงเนื่องจากมีส่วนของระยะทางของแหล่งกำเนิดลักษณะภูมิประเทศและข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นตัวแปรของค่าความเข้มข้นที่ประเมินได้จากแบบจำลอง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษางานวิจัยนี้ได้พัฒนาแนวทางการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศร่วมกับแนวทางเทคโนโลยีสะอาดและได้ศึกษาความเหมาะสมของการใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ 2 แบบ คือ แบบจำลอง SCREEN3 และแบบจำลอง AERMOD ในการใช้งานกับโรงงานอุตสาหกรรม โดยแนวทางที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การรวบรวมข้อมูลและการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ 2) การประเมินระดับมลพิษอากาศด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ 3) การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีสะอาด และ 4) การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น และได้นำแนวทางดังกล่าวมาใช้กับโรงงานที่เลือกทำการศึกษา 1 แห่ง คือ บริษัท อุตสาหกรรมแป้งโคราช จำกัด เป็นอุตสาหกรรมการผลิตแป้งจากมันสำปะหลัง ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลหนองจะบก อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมลพิษทางอากาศที่ทำการศึกษาคือเลือกมลพิษอากาศที่สำคัญของแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม 4 ชนิด ได้แก่ ฝุ่นละออง (TSP) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) โดยทำการจัดทำบัญชีมลพิษอากาศ (Emission Inventory) ซึ่งข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Source) ได้มาจาก ข้อมูลการตรวจวัดปริมาณมลพิษของโรงงาน (Emission Monitoring) การประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ (Emission Factors) และข้อมูลจากงานวิจัยอื่นๆ และได้กำหนดตำแหน่งของผู้รับมลพิษอากาศ (Receptor) ทั้งหมด 3 แห่ง คือ บริเวณภายในโรงงาน บริเวณริมรั้วโรงงานและบริเวณแหล่งชุมชนคือองค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบก โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศหาค่าความเข้มข้นการกระจายตัวของมลพิษอากาศในสภาพปัจจุบันของพื้นที่ศึกษาและทำการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นการกระจายตัวของมลพิษอากาศที่ใช้แนวทางเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งผลการศึกษิตตามแนวทางที่ได้พัฒนาขึ้นมีดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลการประเมินค่าความเข้มข้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3

5.1.1.1 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันมีแหล่งกำเนิดหลักจากลานกองวัตถุดิบและปล่องระบายอากาศจากระบบการอบแป้ง โดยข้อมูลแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองได้จากการสำรวจพื้นที่โรงงานและการประมาณด้วยค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละออง โดย

กำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่พบว่าบริเวณตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่ลานกองวัตถุดิบมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงกว่าตำแหน่งผู้รับมลพิษอื่นๆ

5.1.1.2 ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนในกระบวนการอบแป้งและปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงงาน โดยทั้งสองแหล่งกำเนิดใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลแหล่งกำเนิดของทั้งสองแหล่งกำเนิดเป็นข้อมูลของโรงงาน และในส่วนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากปล่องได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) โดยกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แต่พบว่าบริเวณตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศที่บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนมีค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงกว่าตำแหน่งผู้รับมลพิษอื่นๆ

5.1.1.3 ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันจากการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) จากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศพบว่ามีปริมาณอยู่น้อยมาก เมื่อทำการประมาณด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 พบว่าค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้ง 3 จุดมีค่าน้อยมากหรือไม่มีเลย

5.1.1.4 ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมัน ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) โดยกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับค่าแนะนำที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

5.1.2 ผลการประเมินค่าความเข้มข้นด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD

5.1.1.1 ค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันมีแหล่งกำเนิดหลักจากลานกองวัตถุดิบและปล่องระบายอากาศจากระบวนการอบแป้ง โดยข้อมูลแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองได้จากการสำรวจพื้นที่โรงงานและการประมาณด้วยค่าปัจจัยการปล่อยฝุ่นละออง โดยกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน จุดที่ 2 บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและจุดที่ 3 องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองทั้งค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปี มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุดิบ ห่างจากตำแหน่งผู้รับจุดที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 75 เมตร พบว่ามีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปีสูงกว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจุดที่ 1 ถึง 2 เท่าและ 3 เท่าตามลำดับ

5.1.1.2 ค่าความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันมีแหล่งกำเนิดหลักมาจากปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตนมร้อนในกระบวนการอบแป้งและปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงงาน โดยทั้งสองแหล่งกำเนิดใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลแหล่งกำเนิดของทั้งสองแหล่งกำเนิดเป็นข้อมูลของโรงงาน และในส่วนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกจากปล่องได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) โดยกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ จุดที่ 1 บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน จุดที่ 2 บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและจุดที่ 3 องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดของค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมงและเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยค่าความเข้มข้นสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ลานกองวัตถุดิบ ห่างจากตำแหน่งผู้รับจุดที่ 1 ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 75 เมตร แต่ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 24 ชั่วโมงและเฉลี่ย 1 ปีบริเวณตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้ง 3 จุดมีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐาน

5.1.1.3 ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันจากการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) จากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศพบว่ามีปริมาณอยู่น้อยมาก เมื่อทำการประมาณด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD พบว่าค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้ง 3 จุดมีค่าน้อยมากหรือไม่มีเลยและค่าความเข้มข้นสูงสุดที่เกิดขึ้นก็มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน

5.1.1.4 ค่าความเข้มข้นไฮโดรเจนซัลไฟด์

ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นจากบ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมเป้งมัน ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Testo350) โดยกำหนดตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศไว้ 3 จุด คือ บริเวณลานกองวัตถุดิบภายในโรงงาน บริเวณริมรั้วโรงงานด้านติดกับชุมชนและองค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า พบว่าค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง มีปริมาณใกล้เคียงกับค่าแนะนำที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยค่าความเข้มข้นสูงที่เกิดขึ้นบริเวณรอบๆบ่อบำบัดน้ำเสีย ในส่วนของตำแหน่งผู้รับมลพิษอากาศทั้ง 3 จุด พบว่าที่บริเวณลานกองวัตถุดิบและริมรั้วโรงงานทางด้านแหล่งชุมชนมีปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่สูงกว่าที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองจะบกเก่า

5.1.3 การวิเคราะห์ทางเลือกเทคโนโลยีและศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น

จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงเป้งมันสำปะหลังพบว่าแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศที่สำคัญและมีค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศเกิดขึ้นสูง คือ ฝุ่นละอองที่เกิดจากลานกองวัตถุดิบและเกิดจากปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบเป้ง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากปล่องระบายอากาศของเครื่องผลิตลมร้อนสำหรับกระบวนการอบเป้ง โดยทางเลือกเทคโนโลยีการลดฝุ่นละอองที่ลานกองวัตถุดิบ คือ วิธีการสเปรย์น้ำบริเวณลานกองวัตถุดิบ สร้างกำแพงต้นไม้ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองและการจัดรูปแบบของการกองวัตถุดิบให้เหมาะสม และทางเลือกเทคโนโลยีการลดฝุ่นละอองที่ปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบเป้งด้วยวิธีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษอากาศที่ปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบเป้งด้วยระบบไซโคลนและระบบถุงกรอง ในส่วนเทคโนโลยีของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ด้วยวิธีการดีดระบบนำความร้อนจากไอเสียของปล่องระบายมลพิษอากาศของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้กับเครื่องผลิตลมร้อนสำหรับกระบวนการอบเป้ง

การศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นของทางเลือกเทคโนโลยีทั้งด้านสิ่งแวดล้อม ด้านเศรษฐศาสตร์และด้านเทคนิค ทำโดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนความเหมาะสมของทั้ง 3 ด้านออกเป็น 5 ระดับ คะแนนรวม 15 คะแนน คือ เกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม 1 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศน้อยกว่า 20% ของค่ามาตรฐาน 2 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศคิดอยู่ในช่วง 20-40% ของค่ามาตรฐาน 3 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 40-60% ของค่ามาตรฐาน 4 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอยู่ในช่วง 60-80% ของค่ามาตรฐานและ 5 คะแนน คือ ค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศมากกว่า 80% ของค่ามาตรฐาน ทางด้านเกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ 1 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 4 ปี หรือไม่สามารถคืนทุนได้ มีความน่าจะเป็นในการลงทุนน้อยมาก 2

คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 3 – 4 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนน้อย 3 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 2 – 3 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนปานกลาง 4 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุน 1 – 2 ปี มีความน่าจะเป็นในการลงทุนมากและ 5 คะแนน คือ ระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 1 ปี หรือไม่มีการลงทุน มีความน่าจะเป็นในการลงทุนมากที่สุดและทางด้านเกณฑ์คะแนนความเหมาะสมทางด้านเทคนิค 1 คะแนน คือ ยังไม่มีเทคโนโลยีอยู่จริงและยังไม่มีการนำไปปฏิบัติจริง 2 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงแต่ยังไม่มีการนำไปปฏิบัติจริง 3 คะแนน คือ เทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้น้อยกว่า 30% 4 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้ 30%-60% และ 5 คะแนน คือ มีเทคโนโลยีอยู่จริงและมีการใช้เทคโนโลยีปฏิบัติและสามารถลดค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศได้มากกว่า 60%

จากเกณฑ์คะแนนความเหมาะสมได้นำมาวิเคราะห์และให้คะแนนทางเลือกเทคโนโลยีพบว่าคะแนนความเหมาะสมของวิธีการสเปรย์น้ำบริเวณลานกองวัตถุดิบมีคะแนน คือ ด้านสิ่งแวดล้อม 3 คะแนน ด้านเศรษฐศาสตร์ 1 คะแนนและด้านเทคนิค 3 คะแนนรวมเป็น 7 คะแนน สร้างกำแพงต้นไม้ป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองมีคะแนน คือ ทางด้านสิ่งแวดล้อม 3 คะแนน ด้านเศรษฐศาสตร์ 1 คะแนนและด้านเทคนิค 4 คะแนนรวมเป็น 8 คะแนนและการจัดรูปแบบของการกองวัตถุดิบให้เหมาะสมทางมีคะแนน คือ ด้านสิ่งแวดล้อม 3 คะแนน ด้านเศรษฐศาสตร์ 5 คะแนนและด้านเทคนิค 4 คะแนนรวมเป็น 12 คะแนน ในส่วนของทางเลือกเทคโนโลยีการลดฝุ่นละอองที่ปล่อยระบายอากาศของกระบวนการอบแป้งด้วยวิธีการติดตั้งระบบควบคุมมลพิษอากาศที่ปล่อยระบายอากาศของกระบวนการอบแป้งด้วยระบบไซโคลนและระบบดงกรอง มีคะแนนความเหมาะสมเท่ากันทั้ง 2 ระบบ คือ ด้านสิ่งแวดล้อม 3 คะแนน ด้านเศรษฐศาสตร์ 1 คะแนนและด้านเทคนิค 3 คะแนนรวมเป็น 7 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความเหมาะสมในการลดค่าฝุ่นละอองบริเวณลานกองวัตถุดิบและปล่อยระบายอากาศพบว่าการจัดรูปแบบของการกองวัตถุดิบให้เหมาะสมมีคะแนนสูงสุดควรได้รับการแก้ไขก่อน การลดค่าความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของเครื่องผลิตลมร้อนสำหรับกระบวนการอบแป้งด้วยวิธีการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ด้วยวิธีการติดระบบนำความร้อนจากไอเสียของปล่อยระบายมลพิษอากาศของโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้กับเครื่องผลิตลมร้อนสำหรับกระบวนการอบแป้ง ซึ่งมีจำนวน 3 เครื่อง โดยทำการแบ่งประเภทการติดตั้งออกเป็น 7 แนวทาง คือ ติดตั้งเฉพาะเครื่องที่ 1 เฉพาะเครื่องที่ 2 เฉพาะเครื่องที่ 3 เฉพาะเครื่องที่ 1 กับ 2 เฉพาะเครื่องที่ 1 กับ 3 เฉพาะเครื่อง 2 กับ 3 และติดตั้งทั้ง 3 เครื่อง โดยทั้ง 7 แนวทางมีคะแนนความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อม คือ 5 คะแนนเท่ากัน คะแนนทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือ 5 , 4 , 4 , 5 , 4 , 4 และ 4 ตามลำดับ และมีคะแนนทางด้านเทคนิค คือ 3 , 3 , 3 , 3 ,

3 , 4 และ 4 คะแนนตามลำดับ คะแนนรวมความเหมาะสมของวิธีการคิดระบบนำความร้อนจากไอเสียกลับมาใช้ คือ 13 , 12 , 12 , 13 , 12 , 13 และ 13 คะแนนตามลำดับ เมื่อนำคะแนนความเหมาะสมมาเปรียบเทียบพบว่าการติดตั้งกับเฉพาะเครื่องที่ 1 เฉพาะเครื่องที่ 1 กับ 2 เฉพาะเครื่องที่ 2 กับ 3 และติดตั้งทั้ง 3 เครื่องมีคะแนนสูงสุดควรได้รับการแก้ไขก่อน

5.1.4 ผลการศึกษาความเหมาะสมการใช้งานแบบจำลอง SCREEN3 กับ AERMOD

ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 มีค่าสหสัมพันธ์และความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถอธิบายได้ถึงแนวโน้มของค่าความเข้มข้นที่เกิดขึ้นและจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลด้วยการทดสอบทางสถิติพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 มีความแตกต่างไปจากค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ประเมินด้วยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD แสดงให้เห็นว่าข้อมูลอุณหภูมิต่ำกว่าที่ใช้มีผลต่อค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศที่ประเมินได้จากแบบจำลองคุณภาพอากาศ

การนำเข้าข้อมูลของแบบจำลองคุณภาพอากาศของ SCREEN3 มีการใช้ข้อมูลนำเข้าที่ไม่ซับซ้อนและมีจำนวนข้อมูลที่ใช้น้อยกว่าแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD ประสิทธิภาพการทำงานของแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 สามารถประเมินค่าความเข้มข้นได้ครั้งละ 1 แหล่งกำเนิด ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD สามารถประเมินค่าความเข้มข้นของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศหลายๆแหล่งพร้อมกันได้

แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อประเมินเบื้องต้นว่าแหล่งกำเนิดนั้นมีค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ในส่วนของแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เหมาะสมกับการใช้งานเพื่อประเมินอย่างละเอียดด้วยข้อมูลอุณหภูมิต่ำกว่าและข้อมูลลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ที่ทำการประเมินค่าความเข้มข้น

5.2 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

สำหรับผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้เป็นแนวทางการจัดการแก้ไขปัญหามลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีทางเลือก โดยที่ผ่านมามลพิษอากาศที่เกิดขึ้นยังไม่ได้มีการแก้ไขหรือได้รับการแก้ไขไปแล้วบางส่วน โดยประโยชน์ที่สามารถจะนำผลจากงานวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ มีดังต่อไปนี้

1. ได้แนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางโดยสามารถเลือกใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศร่วมกับเทคโนโลยีสะอาดได้อย่างเหมาะสม

2. โรงงานที่ร่วมในการศึกษาได้ทราบถึงสถานการณ์ความเข้มข้นของมลพิษอากาศในบรรยากาศบริเวณที่ทำการศึกษา

3. หลักการและเทคนิคของเทคโนโลยีสะอาดสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางกับโรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อบริหารจัดการด้านพลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดจะทำให้สามารถประหยัดพลังงาน ลดระยะเวลา ลดค่าใช้จ่าย ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศของโรงงานที่ทำการศึกษามีอยู่ไม่เพียงพอ ทำให้ต้องหาวิธีการเพิ่มเติมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ

2. ปัญหาเรื่องสถานที่สำหรับการตรวจวัดค่าความเข้มข้นมลพิษอากาศ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ เนื่องจากตรวจวัดของปล่องระบายอากาศมีความสูงมากและไม่สามารถเข้าถึงได้

3. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นของจังหวัดนครราชสีมาการตรวจวัดเป็นราย 3 ชั่วโมงต้องทำการเติมข้อมูลเพื่อให้เป็นราย 1 ชั่วโมง ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาชั้นบนของจังหวัดอุบลราชธานีมีข้อมูลไม่ครบถ้วนทำให้ต้องหาวิธีการเพิ่มเติมข้อมูล

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3 ไม่เหมาะสำหรับการประเมินค่าความเข้มข้นของมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศหลายๆแหล่งพร้อมกัน ควรใช้สำหรับการประเมินค่าความเข้มข้นของแหล่งกำเนิดครั้งละ 1 แหล่งกำเนิดเพื่อให้ทราบถึงปัญหาของแหล่งกำเนิดนั้นๆ

2. ทางเลือกของเทคโนโลยีสามารถเปลี่ยนแปลงไปตามความเหมาะสมของแต่ละประเภทของโรงงาน กระบวนการผลิต แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ เป็นต้น

3. มลพิษอากาศที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ยังมีมลพิษอากาศชนิดอื่นๆที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตของแต่ละประเภทอุตสาหกรรมซึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงาน

รายการอ้างอิง

- กนกพร ศิลาดิ (2552). การศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศที่คำนวณได้โดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เมื่อใช้ค่าปัจจัยลักษณะผิวพื้นที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2553). มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมชาติฉบับที่ 38. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2558). สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2557. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (2547). หลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีสะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา. [ออนไลน์]. ได้จาก <http://www.diw.go.th/>
- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). โครงการอุตสาหกรรมสีเขียว (Green Industry). [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.industry.go.th/greenindustry/default.aspx>.
- กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2543). คู่มือปฏิบัติสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม.
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. (2542) คุณภาพอากาศที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของคนไทย. กระทรวงสาธารณสุข กรุงเทพมหานคร.
- ดวงพร ทองประเสริฐ. (2548). การประเมินขีดความสามารถในการรองรับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สำหรับแหล่งกำเนิดใหม่ ในนิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง โดยใช้แบบจำลอง ISTSC3. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- นภาพร พานิช และแสงสันต์ พานิช. (2544). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้านคุณภาพอากาศ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพภาพร พานิช แสงสันต์ พานิช วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์ วิจิตรา จงวิศาล และวราวุธ เสือดี. (2547).

ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ. กรุงเทพมหานคร: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

บริษัท แอร์เซฟ จำกัด. (2552). **สรุปผลการศึกษาและประเมินคุณภาพอากาศด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โครงการโรงงานผลิตสารอะครีโลไนไตรล์และสารเมทิลเมตะคริเลต.** กรุงเทพมหานคร

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม (มพส.). (2543). **Economic Value of Biogas.** [ออนไลน์]. ได้จาก: [วิวัฒน์ แก้วดวงเล็ก. \(2553\). **การใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นดิบ: กรณีศึกษา อำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง.** วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต \(การจัดการสิ่งแวดล้อม\), คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม, ภาควิชาสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์](http://www.efe.or.th/วราวุธ เสือดี. (2551). เอกสารประกอบการบรรยายรายวิชา วล.631. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.</p>
</div>
<div data-bbox=)

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ พัฒนา มูลพฤกษ์ และธีรารัตน์ มุ่งเจริญ. (2541). **การป้องกันและควบคุมมลพิษ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ช่วยเหลือให้ปฏิบัติตามกฎหมายสิ่งแวดล้อม (Thai Environmental Compliance Assistance Center). (2551). **เทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology).** [ออนไลน์]. ได้มาจาก: http://ptech.pcd.go.th/cac/sources/building/index.php?option=com_content&view=article&id=68:-clean-technology-ct&catid=13:bestp&Itemid=43.

สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, (2547) “**เทคโนโลยีสะอาด : Clean Technology.**” **หลักปฏิบัติเทคโนโลยีที่สะอาด** สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

สรณ์ สุวรรณโชติ. (2548). **การศึกษาเปรียบเทียบผลการทำนายความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดโดยใช้แบบจำลอง ISTSC3 และ AERMOD.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.

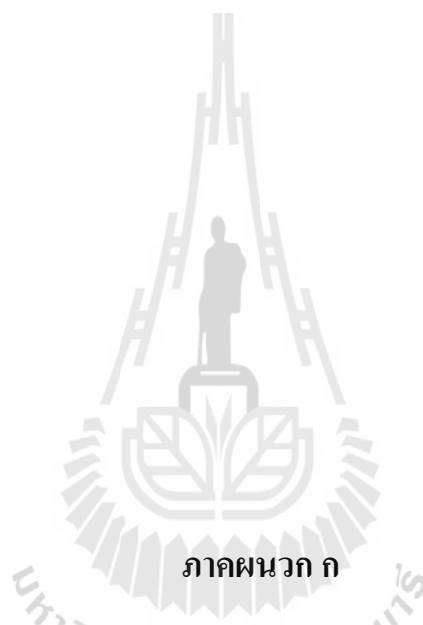
สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2551). **คู่มือการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินผลกระทบด้านคุณภาพอากาศประกอบในรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานสิ่งแวดล้อม โรงพยาบาลเลิดสิน. (2542). **การจัดทำระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมมาตรฐาน ISO 14001** กระทรวงสาธารณสุข

- สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดนครราชสีมา. (2552). เอกสารฐานข้อมูลรายชื่อและทะเบียนโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.industry.go.th/ops/pio/nakhonratchasima/page/home.aspx>
- สุดจิต คุรุจิต. (2549). เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 432321 วิศวกรรมมลพิษอากาศ. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุมิตร รัชพงษ์ (2552). การศึกษาเปรียบเทียบความเข้มข้นสารมลพิษทางอากาศที่คำนวณได้โดยแบบจำลองคุณภาพอากาศ AERMOD เมื่อใช้ฐานข้อมูลความสูงของภูมิประเทศที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.
- โสภา ชินเวชกิจวานิชย์. (2553) . การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SCREEN3 ประเมินอัตราการระบาย NO_x และขนาดของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม. ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- A. K. Chambers and I. Potter. (2002). Gas utilization from sewage waste, carbon and energy management, **Alberta Research Council**.
- Chaowanaporn, A. (2009). **Capability analysis of a modified screening model used for initial air quality impact assessment** . Environmental Technology, Mahidol University.
- Charinpanitkul, T., & Tanthapanichakoon, W. (2011). **Deterministic model of open-space dust removal system using water spray nozzle: Effects of polydispersity of water droplet and dust particle. Separation and purification technology**, 77(3), 382-388.
- Cong, X., Yang, S., Cao, S., Chen, Z., Dai, M., & Peng, S. (2012). **Effect of aggregate stockpile configuration and layout on dust emissions in an open yard. Applied Mathematical Modelling**, 36(11), 5482-5491.
- Ding, F. (2012). Analysis of upper air environmental impact of pollutants discharged by power plant. **Procedia Environmental Sciences**, 13, 1149-1154.
- Kampa, M., & Castanas, E. (2008). **Human health effects of air pollution. Environmental pollution**, 151(2), 362-367.
- Malone, G., VanWicklen, G., Collier, S., & Hansen, D. (2006). **Efficacy of vegetative environmental buffers to capture emissions from tunnel ventilated poultry houses.** Paper presented at the Proceedings of the Workshop on Agricultural Air Quality.

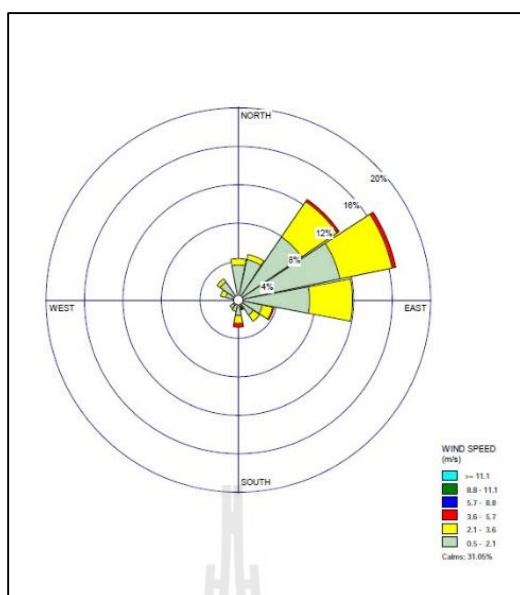
- National Pollutant Inventory. (2001). **Emission Estimation Technique Manual for Sugar Milling and Refining.**
- Occupational Safety and Healthy Administration (OSHA). (2005). **Hydrogen Sulfide (H₂S).**
- Pouliot, G., Pierce, T., van der Gon, H. D., Schaap, M., Moran, M., & Nopmongcol, U. (2012). Comparing emission inventories and model-ready emission datasets between Europe and North America for the AQMEII project. **Atmospheric Environment**, 53, 4-14.
- S.S. SAQER, A.A. Al-HADDAD . Oil Refineries Emissions: A Study using AERMOD . **Chemical Engineering Department Kuwait University.**
- Shrestha, R.M., Kim Oanh, N.T., Shrestha, R. P., Rupakheti, M., Rajbhandari, S., Permadi, D.A., Kanabkaew, T., and Iyngararasan, M. (2013), Atmospheric Brown Clouds (ABC) Emission Inventory Manual, **United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.**
- Singh, J.S., Raghubanshi, A.S., Reddy, V.S., Singh, S. & Kashyap, A.K. (1998). **Methane flux from Irrigated paddy and dry land rice fields, and from seasonally dry tropical forest and Savanna soils of India.** Biochem. 30(2), 135-139.
- South Dakota Department of Environment and Natural Resources. (2005), Air Quality Emissions and Impact, Milbank Community Foundation, **Midwest Dairy Institute.**
- Turner, D. B. (1994). **Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling** : CRC press.
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 1995. SCREEN3 Model User's Guide. EPA-454/B-95-004. Office of Air Quality Planning and Standards Emissions, Monitoring, and Analysis Division, **Research Triangle Park, North Carolina.**
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2004. **User's Guide for The AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET), EPA-454/B-03-002, U.S.EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.**
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency) 2008. **Compilation of air pollutant emission factors, AP 42, (5th ed.), Volume I, Chapter 1: External Combustion Sources** [On-line]. Available: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/>

- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency),1995. **AP-42 compilation of air pollutant emission factors volume I: stationary point and area sources. In: Office of Air Quality Planning and Standards Office of Air and Radiation, fifth ed.** U.S. Environmental Protection Agency.
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency).1995. **Compilation of air pollutant emission factors, AP 42, (5th ed.), Volume I, Chapter 9: Food and Agricultural Industries** [On-line]. Available: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/index.html>
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency).1998. **Revised Draft User's Guide for The AERMOD Meteorological Preprocessor (AERMET)**, November, 1998
- Wanlapatit, S. 1998. **Studies on Improvement of Plant Efficiency and Quality Control in Cassava Starch Manufacturing by Controlling of Sulphur Dioxide Treatment.** Master of Science Thesis, Bio Technology Program. Faculty of Science. Kasetsart University. 183 p.
- WebGIS. (2002), Terrain Data, SRTM30 - **Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage Terrain Data Worldwide [On-line]**. Available: <http://www.webgis.com/srtm30.html>.
- Yang, D.-X., Yau, K.-H., Zhao, X.-H., & The, J. L. (2010). Comparison of AERMOD and EIAA with respect to the Alaska tracer data. **International Journal of Environment and Pollution**, 40(1-3), 226-235.
- Zade, S., & Ingole, N. W. (2015). **Air Dispersion Modelling to Assess Ambient Air Quality Impact Due to Carbon Industry.**

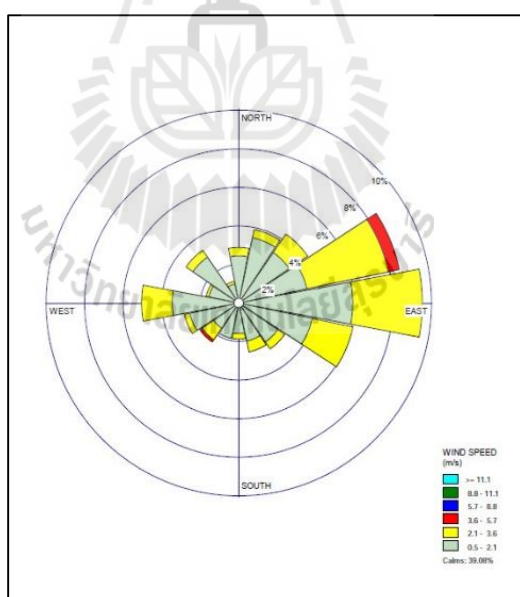


ภาคผนวก ก

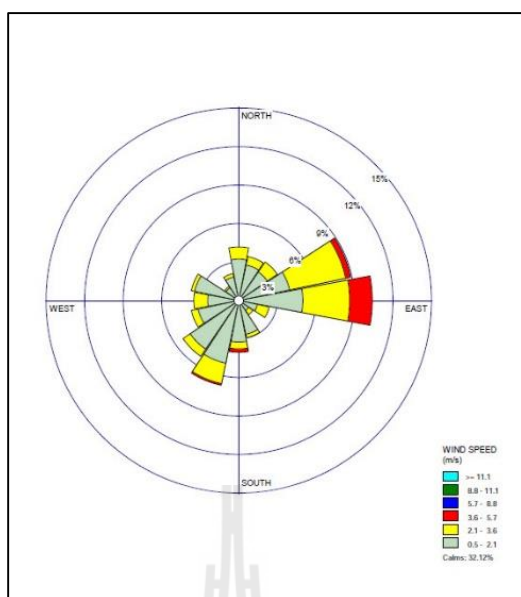
ข้อมูลผังมณสถานอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา



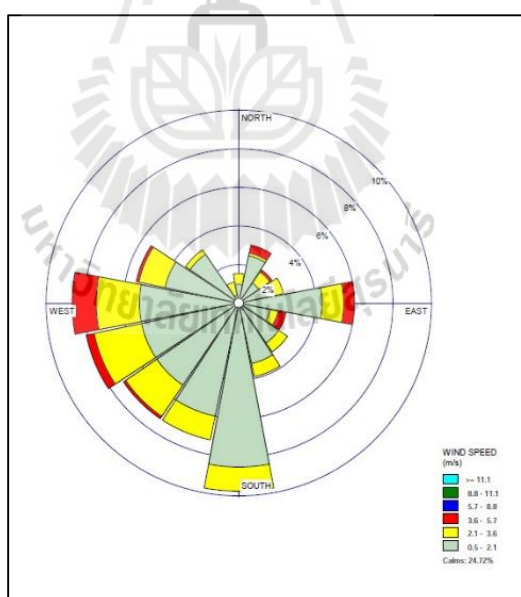
รูปที่ ก.1 ผังลม เดือน มกราคม พ.ศ.2555



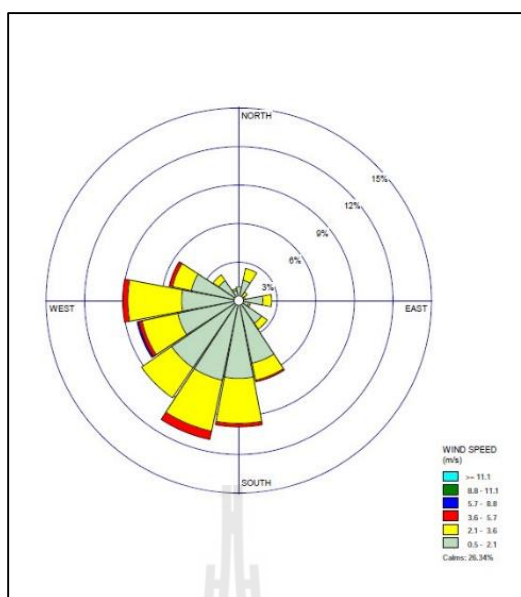
รูปที่ ก.2 เดือน ผังลม กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2555



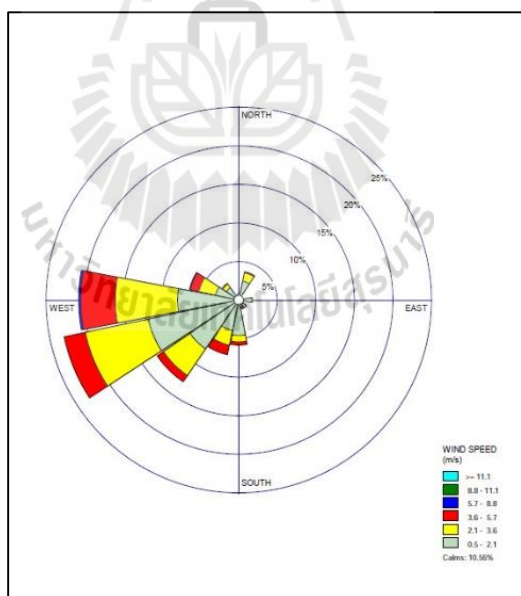
รูปที่ ก.3 พังลม เดือน มีนาคม พ.ศ.2555



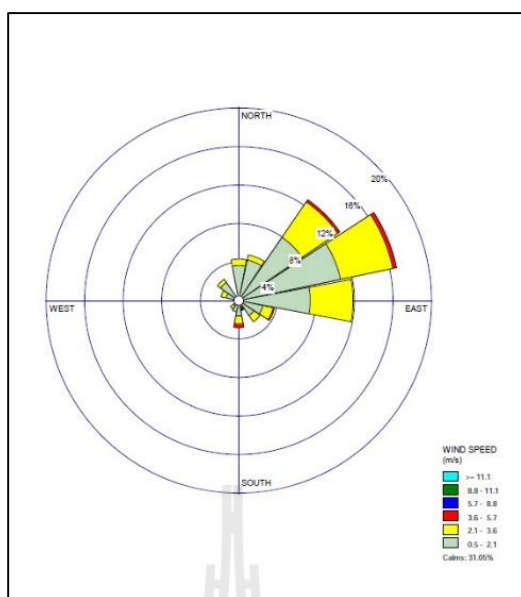
รูปที่ ก.4 พังลม เดือน เมษายน พ.ศ. 2555



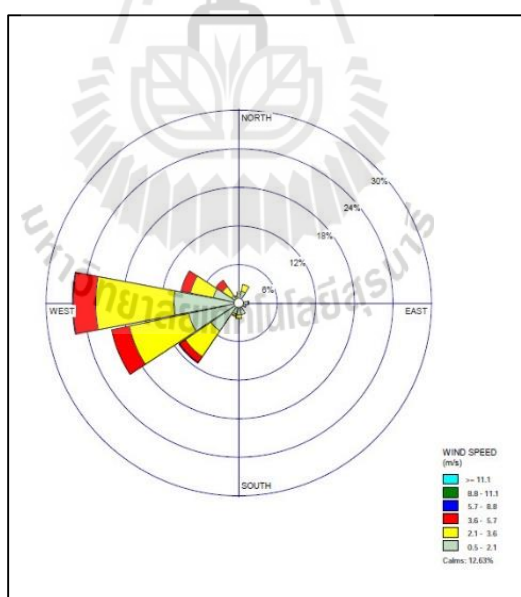
รูปที่ ก.5 ฟังลม เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2555



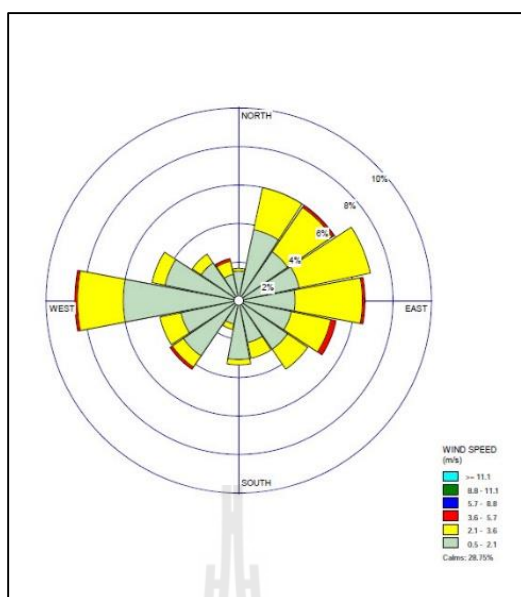
รูปที่ ก.6 ฟังลม เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555



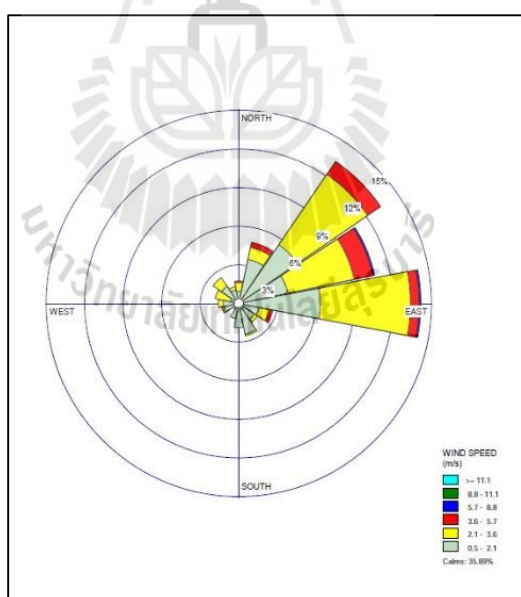
รูปที่ ก.7 ฟังลม เดือน กรกฎาคม พ.ศ.2555



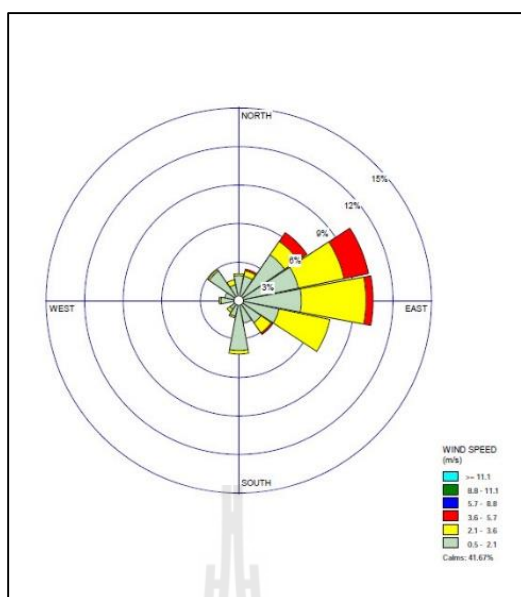
รูปที่ ก.8 ฟังลม เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2555



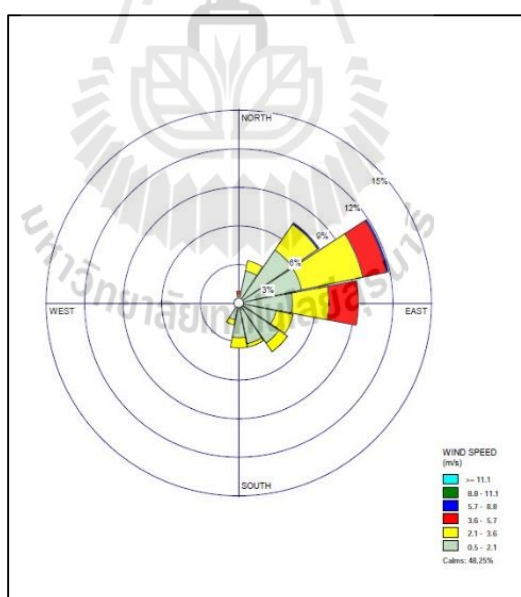
รูปที่ ก.9 พังลม เดือน กันยายน พ.ศ.2555



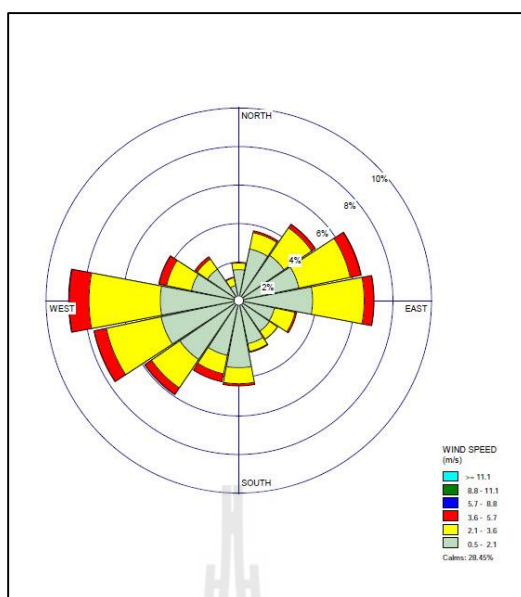
รูปที่ ก.10 พังลม เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2555



รูปที่ ก.11 ฝั่งลม เดือน พฤศจิกายน พ.ศ.2555



รูปที่ ก.12 ฝั่งลม เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2555



รูปที่ ก.13 ผังลม ปี พ.ศ.2555

สถานีอุตุนิยมวิทยานครราชสีมา ในปี พ.ศ.2555 ทิศทางการพัดของลมส่วนใหญ่มาจากทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือและมีบางส่วนลมพัดมาจากทางทิศตะวันตกและตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี พ.ศ.2555 เท่ากับ 1.33 เมตรต่อวินาที ร้อยละของลมสงบเท่ากับ 28.45 ดังแสดงในรูปที่ ก.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก ข

รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลตุนิยมวิทยา

ตารางที่ ข.1 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลอุตุณิยวิทยาในแบบ SCRAM format ข้อมูลวันที่ 1 เดือน

มกราคม พ.ศ.2555

Station No.	Year	Month	Day	Hour	Ceiling Height	Wind Direction	Wind Speed	Temp	Total Cloud	Opaque Cloud
48431	12	01	01	00	027	05	003	074	01	01
48431	12	01	01	01	027	05	003	074	01	01
48431	12	01	01	02	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	03	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	04	027	00	000	070	01	01
48431	12	01	01	05	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	06	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	07	027	06	002	067	03	03
48431	12	01	01	08	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	09	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	10	027	09	002	074	01	01
48431	12	01	01	11	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	12	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	13	027	06	002	081	02	02
48431	12	01	01	14	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	15	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	16	027	09	002	086	02	02
48431	12	01	01	17	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	18	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	19	027	00	000	081	03	03
48431	12	01	01	20	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	21	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	22	027	00	000	078	03	03
48431	12	01	01	23	027	05	003	074	01	01

ตารางที่ ข.2 รูปแบบการจัดเรียงข้อมูลอุตุณิคมวิทยาในแบบ SCRAM format ข้อมูลวันที่ 31 เดือน
ธันวาคม พ.ศ.2555

Station No.	Year	Month	Day	Hour	Ceiling Height	Wind Direction	Wind Speed	Temp	Total Cloud	Opaque Cloud
48431	12	12	31	00	025	09	009	066	05	05
48431	12	12	31	01	025	09	009	066	05	05
48431	12	12	31	02	025	09	010	063	05	05
48431	12	12	31	03	025	09	010	063	05	05
48431	12	12	31	04	025	09	010	063	05	05
48431	12	12	31	05	025	05	005	062	08	08
48431	12	12	31	06	025	05	005	062	08	08
48431	12	12	31	07	025	05	005	062	08	08
48431	12	12	31	08	025	07	009	065	08	08
48431	12	12	31	09	025	07	009	065	08	08
48431	12	12	31	10	025	07	009	065	08	08
48431	12	12	31	11	025	09	008	074	06	06
48431	12	12	31	12	025	09	008	074	06	06
48431	12	12	31	13	025	09	008	074	06	06
48431	12	12	31	14	025	07	005	079	04	04
48431	12	12	31	15	025	07	005	079	04	04
48431	12	12	31	16	025	07	005	079	04	04
48431	12	12	31	17	025	07	003	075	04	04
48431	12	12	31	18	025	07	003	075	04	04
48431	12	12	31	19	025	07	003	075	04	04
48431	12	12	31	20	025	08	001	071	02	02
48431	12	12	31	21	025	08	001	071	02	02
48431	12	12	31	22	025	08	001	071	02	02
48431	12	12	31	23	025	09	009	066	05	05

คำอธิบายหัวข้อในตารางที่ ข1 และ ข2

Station No. = ข้อมูลรหัสสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัย

Year = ปีคริสต์ศักราชของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

Month = เดือนของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

Day = วันของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

Hour = ชั่วโมงของข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัย

Ceiling Height = ข้อมูลความสูงฐานเมฆ

Wind Direction = ข้อมูลทิศทางลม

Wind Speed = ข้อมูลความเร็วลม

Temp = ข้อมูลอุณหภูมิ

Total Cloud = ปริมาณเมฆปกคลุมทั้งหมด

Opaque Cloud = ปริมาณเมฆปกคลุม

*% UPPERAIR						
* DATA UBON12-UA-QA						
* EXTRACT UBON12-UA-UA						
* XDATES 12/1/1 TO 12/12/31						
* @ LOCATION 48407 15.15N 104.53E 0						
* QAOUT UBON12-UA-QA						
* AUDIT UATT UAWS UALR						
*** EOH: END OF UPPERAIR QA HEADERS						
12010107	5					
10000	130	170	170	80	110	
8500	1506	136	136	100	130	
7000	3131	118	118	80	130	
6000	4400	53	53	80	180	
5000	5863	-33	-33	70	190	
12010207	5					
10000	137	146	146	70	120	
8500	1508	137	137	130	90	
7000	3134	126	126	110	120	
6000	4406	51	51	110	90	
5000	5866	-40	-40	150	150	
12010307	5					
10000	139	145	145	100	30	
8500	1515	145	145	100	60	
7000	3146	106	106	60	30	
6000	4418	49	49	200	40	
5000	5874	-49	-49	200	80	
12010407	5					
10000	128	165	165	70	40	
8500	1517	160	160	110	120	
7000	3147	112	112	200	30	
6000	4417	60	60	160	60	
5000	5883	-39	-39	230	140	
12010507	5					
10000	123	178	178	120	30	
8500	1520	160	160	100	100	
7000	3152	127	127	230	50	
6000	4425	49	49	240	70	
5000	5883	-46	-46	350	190	

รูปที่ ข.1 การจัดเรียงข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยขึ้นบนในรูปแบบ FSL format

ข้อมูลวันที่ 1 ถึง 5 เดือน มกราคม พ.ศ.2555



ภาคผนวก ค

ข้อมูลความเข้มข้นมลพิษอากาศจากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3

ตารางที่ ค.1 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	30.04	23.29	18.82	15.74	13.50								
B	37.98	30.54	25.41	21.68	18.86	16.67	14.93	13.51	12.34				
C	46.70	36.37	30.56	26.50	23.41	20.97	18.98	17.34	15.95	10.76	8.84		
D	66.44	45.06	34.61	28.41	24.25	21.23	18.94	17.11	15.64	10.36	8.49	5.86	4.48
E	87.05	57.88	43.41	34.73	28.94	24.81	21.71	19.29	17.37				
F	132.00	87.73	65.78	52.62	43.85	37.59	32.89						

ตารางที่ ค.2 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่ง
ผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	8.20	7.78	7.44	6.72	6.00								
B	3.62	4.75	6.74	8.42	9.46	9.94	10.05	9.92	9.66				
C	6.47	5.17	5.39	6.53	8.07	9.63	10.99	12.04	12.79	13.40	12.39		
D	14.27	10.37	8.26	7.18	6.72	6.73	7.09	7.71	8.51	13.64	15.59	16.30	14.90
E	14.56	11.06	9.15	7.94	7.10	6.49	6.01	5.64	5.34				
F	22.19	15.99	12.76	10.75	9.37	8.35							

ตารางที่ ค.3 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	6.76	3.06	1.73	1.12	0.82								
B	5.31	5.46	5.35	4.90	4.41	3.97	3.59	3.26	2.98				
C	3.10	4.81	6.51	7.45	7.77	7.72	7.48	7.16	6.80	4.95	4.11		
D	5.02	4.02	4.10	4.90	6.02	7.17	8.19	8.99	9.58	10.14	9.41	7.42	5.96
E	11.02	9.45	8.65	8.14	7.78	7.49	7.26	7.05	6.87				
F	14.42	11.35	9.72	8.73	8.05	7.57	7.20						

ตารางที่ ค.4 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	12.02	9.31	7.53	6.30	5.40								
B	15.19	12.21	10.17	8.67	7.54	6.67	5.97	5.41	4.93				
C	18.68	14.55	12.23	10.60	9.37	8.39	7.59	6.93	6.38	4.30	3.53		
D	26.57	18.02	13.84	11.36	9.70	8.49	7.58	6.85	6.25	4.15	3.40	2.34	1.79
E	34.82	23.15	17.36	13.89	11.58	9.92	8.68	7.72	6.95				
F	52.80	35.09	26.31	21.05	17.54	15.04	13.16						

ตารางที่ ค.5 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	3.28	3.11	2.98	2.69	2.40								
B	1.45	1.90	2.70	3.37	3.78	3.98	4.02	3.97	3.86				
C	2.59	2.07	2.16	2.61	3.23	3.85	4.39	4.82	5.12	5.36	4.95		
D	5.71	4.15	3.30	2.87	2.69	2.69	2.83	3.08	3.41	5.46	6.23	6.52	5.96
E	5.82	4.42	3.66	3.18	2.84	2.59	2.41	2.26	2.14				
F	8.88	6.40	5.10	4.30	3.75	3.34	0.00						

ตารางที่ ค.6 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	2.71	1.22	0.69	0.45	0.33								
B	2.12	2.18	2.14	1.96	1.77	1.59	1.44	1.30	1.19				
C	1.24	1.92	2.60	2.98	3.11	3.09	2.99	2.86	2.72	1.98	1.65		
D	2.01	1.61	1.64	1.96	2.41	2.87	3.28	3.60	3.83	4.06	3.77	2.97	2.38
E	4.41	3.78	3.46	3.26	3.11	3.00	2.90	2.82					
F	5.77	4.54	3.89	3.49	3.22	3.03	2.88						

ตารางที่ ค.7 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับ
ที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	2.40	1.86	1.51	1.26	1.08								
B	3.04	2.44	2.03	1.73	1.51	1.33	1.19	1.08	0.99				
C	3.74	2.91	2.45	2.12	1.87	1.68	1.52	1.39	1.28	0.86	0.71		
D	5.31	3.60	2.77	2.27	1.94	1.70	1.52	1.37	1.25	0.83	0.68	0.47	0.36
E	6.96	4.63	3.47	2.78	2.32	1.98	1.74	1.54	1.39				
F	10.56	7.02	5.26	4.21	3.51	3.01	2.63						

ตารางที่ ค.8 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับ
ที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.66	0.62	0.60	0.54	0.48								
B	0.29	0.38	0.54	0.67	0.76	0.80	0.80	0.79	0.77				
C	0.52	0.41	0.43	0.52	0.65	0.77	0.88	0.96	1.02	1.07	0.99		
D	1.14	0.83	0.66	0.57	0.54	0.54	0.57	0.62	0.68	1.09	1.25	1.30	1.19
E	1.16	0.88	0.73	0.64	0.57	0.52	0.48	0.45	0.43				
F	1.78	1.28	1.02	0.86	0.75	0.67	0.00						

ตารางที่ ก.9 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่

3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.54	0.24	0.14	0.09	0.07								
B	0.42	0.44	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24				
C	0.25	0.38	0.52	0.60	0.62	0.62	0.60	0.57	0.54	0.40	0.33		
D	0.40	0.32	0.33	0.39	0.48	0.57	0.66	0.72	0.77	0.81	0.75	0.59	0.48
E	0.88	0.76	0.69	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55				
F	1.15	0.91	0.78	0.70	0.64	0.61	0.58						

ตารางที่ ก.10 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	259.07	233.15	203.08	178.20	158.15								
B	234.78	247.95	232.70	213.50	195.55	179.71	165.89	153.80	143.20				
C	113.77	164.01	180.08	181.18	176.54	169.92	162.75	155.63	148.80	115.42	99.45		
D	6.93	17.61	27.40	34.40	38.99	41.88	43.72	44.87	45.59	46.19	44.95	39.91	35.11
E	0.31	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.21	0.15	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ก.11 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	12.44	8.38	6.32	5.06	4.23								
B	38.27	26.81	20.55	16.63	13.96	12.01	10.55	9.39	8.47				
C	81.98	59.51	46.69	38.34	32.47	28.13	24.81	22.17	20.04	12.69	10.19		
D	165.94	125.87	102.15	86.27	74.69	65.82	58.77	53.08	48.36	31.42	25.42	17.19	12.98
E	79.86	69.53	61.32	54.88	49.75	45.57	42.09	39.16	36.64				
F	54.18	53.02	50.35	47.51	44.84	42.41	40.23						

ตารางที่ ก.12 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	3.90	1.73	0.98	0.63	0.45								
B	8.77	5.90	4.45	3.56	2.97	2.55	2.23	1.99	1.79				
C	23.25	16.00	12.16	9.79	8.19	7.04	6.17	5.49	4.95	3.10	2.48		
D	60.98	44.06	34.47	28.24	23.89	20.68	18.22	16.28	14.71	9.30	7.46	5.00	3.76
E	71.50	53.59	43.13	36.22	31.28	27.58	24.69	22.37	20.46				
F	95.31	76.26	63.87	55.15	48.65	43.61	39.58						

ตารางที่ ค.13 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	103.63	93.26	81.23	71.28	63.26								
B	93.91	99.18	93.08	85.40	78.22	71.89	66.35	61.52	57.28				
C	45.51	65.60	72.03	72.47	70.62	67.97	65.10	62.25	59.52	46.17	39.78		
D	2.77	7.05	10.96	13.76	15.60	16.75	17.49	17.95	18.24	18.48	17.98	15.97	14.05
E	0.12	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.08	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.14 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	4.97	3.35	2.53	2.03	1.69								
B	15.31	10.72	8.22	6.65	5.58	4.81	4.22	3.76	3.39				
C	32.79	23.80	18.68	15.33	12.99	11.25	9.92	8.87	8.02	5.07	4.07		
D	66.37	50.35	40.86	34.51	29.87	26.33	23.51	21.23	19.34	12.57	10.17	6.88	5.19
E	31.94	27.81	24.53	21.95	19.90	18.23	16.84	15.66	29.31				
F	21.67	21.21	20.14	19.00	17.94	16.96	16.09						

ตารางที่ ค.15 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	1.56	0.69	0.39	0.25	0.18								
B	3.51	2.36	1.78	1.43	1.19	1.02	0.89	0.79	0.71				
C	9.30	6.40	4.86	3.92	3.28	2.81	2.47	2.20	1.98	1.24	0.99		
D	24.39	17.63	13.79	11.30	9.55	8.27	7.29	6.51	5.88	3.72	2.99	2.00	1.50
E	28.60	21.44	17.25	14.49	12.51	11.03	9.88	8.95	8.19				
F	38.12	30.51	25.55	22.06	19.46	17.45	15.83						

ตารางที่ ค.16 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	20.73	18.65	16.25	14.26	12.65								
B	18.78	19.84	18.62	17.08	15.64	14.38	13.27	12.30	11.46				
C	9.10	13.12	14.41	14.49	14.12	13.59	13.02	12.45	11.90	9.23	7.96		
D	0.55	1.41	2.19	2.75	3.12	3.35	3.50	3.59	3.65	3.70	3.60	3.19	2.81
E	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.17 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.99	0.67	0.51	0.41	0.34								
B	3.06	2.14	1.64	1.33	1.12	0.96	0.84	0.75	0.68				
C	6.56	4.76	3.74	3.07	2.60	2.25	1.98	1.77	1.60	1.01	0.81		
D	13.27	10.07	8.17	6.90	5.97	5.27	4.70	4.25	3.87	2.51	2.03	1.38	1.04
E	6.39	5.56	4.91	4.39	3.98	3.65	3.37	3.13	2.93				
F	4.33	4.24	4.03	3.80	3.59	3.39	3.22						

ตารางที่ ค.18 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.31	0.14	0.08	0.05	0.04								
B	0.70	0.47	0.36	0.29	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14				
C	1.86	1.28	0.97	0.78	0.66	0.56	0.49	0.44	0.40	0.25	0.20		
D	4.88	3.53	2.76	2.26	1.91	1.65	1.46	1.30	1.18	0.74	0.60	0.40	0.30
E	5.72	4.29	3.45	2.90	2.50	2.21	1.98	1.79	1.64				
F	7.62	6.10	5.11	4.41	3.89	3.49	3.17						

ตารางที่ ก.19 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.17	0.47	0.77	0.99	1.10								
B	0.08	0.25	0.51	0.79	1.03	1.20	1.31	1.37	1.40				
C	0.04	0.10	0.22	0.39	0.61	0.83	1.04	1.22	1.36	1.71	1.68		
D	0.02	0.03	0.05	0.08	0.12	0.18	0.26	0.35	0.45	1.02	1.27	1.49	1.49
E	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ก.20 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.23	0.16	0.12	0.10	0.08								
B	0.49	0.42	0.35	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16				
C	0.57	0.69	0.67	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.24	0.19		
D	0.25	0.58	0.81	0.91	0.93	0.92	0.88	0.84	0.80	0.58	0.48	0.34	0.26
E	0.23	0.25	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26				
F	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20						

ตารางที่ ก.21 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01								
B	0.15	0.10	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03				
C	0.33	0.26	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.06	0.04		
D	0.42	0.50	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28	0.25	0.17	0.13	0.09	0.07
E	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26				
F	0.50	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40						

ตารางที่ ก.22 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.07	0.19	0.31	0.39	0.44								
B	0.03	0.10	0.21	0.32	0.41	0.48	0.52	0.55	0.56				
C	0.02	0.04	0.09	0.16	0.24	0.33	0.41	0.49	0.55	0.68	0.67		
D	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.14	0.18	0.41	0.51	0.60	0.59
E	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.23 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03								
B	0.19	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06				
C	0.23	0.28	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.10	0.08		
D	0.10	0.23	0.32	0.36	0.37	0.37	0.35	0.34	0.32	0.23	0.19	0.13	0.10
E	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11				
F	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08						

ตารางที่ ค.24 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00								
B	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01				
C	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02		
D	0.17	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03
E	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11				
F	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16						

ตารางที่ ค.25 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.01	0.04	0.06	0.08	0.09								
B	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11				
C	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14	0.13		
D	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.08	0.10	0.12	0.12
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.26 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01								
B	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01				
C	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02		
D	0.02	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
E	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02				
F	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02						

ตารางที่ ก.27 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00								
B	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
C	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		
D	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
E	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02				
F	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03						

ตารางที่ ก.28 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	4160	2773	2080	1664	1387								
B	8460	5640	4230	3384	2820	2417	2115	1880	1692				
C	18780	12520	9390	7512	6260	5366	4695	4173	3756	2347	1878		
D	46940	31290	23470	18770	15650	13410	11730	10430	9387	5867	4694	3129	2347
E	85310	56870	42650	34120	28440	24370	21330	18960	17060				
F	190800	127200	95380	76310	63590	54500	47690						

ตารางที่ ค.29 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	923	615	461	369	308								
B	2400	1600	1200	960	800	686	600	533	480				
C	5599	3733	2799	2240	1866	1600	1400	1244	1120	700	560		
D	14820	9881	7411	5929	4940	4235	3705	3294	2964	1853	1482	988	741
E	28110	18740	14060	11240	9370	8032	7028	6247	5622				
F	64060	42700	32030	25620	21350	18300	16010						

ตารางที่ ค.30 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	122	54	31	20	15								
B	296	197	148	118	99	85	74	66	59				
C	823	549	412	329	274	235	206	183	165	103	82		
D	2531	1688	1266	1013	844	723	633	563	506	316	253	169	127
E	5039	3359	2520	2016	1680	1440	1260	1120	1008				
F	11720	7815	5861	4689	3908	3349	2931						

ตารางที่ ค.31 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	1664	1109	832	666	555								
B	3384	2256	1692	1354	1128	967	846	752	677				
C	7512	5008	3756	3005	2504	2146	1878	1669	1502	939			
D	18776	12516	9388	7508	6260	5364	4692	4172	3755	2347	1878	1252	939
E	34124	22748	17060	13648	11376	9748	8532	7584	6824				
F	76320	50880	38152	30524	25436	21800	19076						

ตารางที่ ค.32 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	369	246	185	148	123								
B	960	640	480	384	320	274	240	213	192				
C	2240	1493	1120	896	746	640	560	498	448	280	224		
D	5928	3952	2964	2372	1976	1694	1482	1318	1186	741	593	395	296
E	11244	7496	5624	4496	3748	3213	2811	2499	2249				
F	25624	17080	12812	10248	8540	7320	6404						

ตารางที่ ค.33 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	49	22	12	8	6								
B	118	79	59	47	39	34	30	26	24				
C	329	220	165	132	110	94	82	73	66	41	33		
D	1012	675	506	405	338	289	253	225	203	127	101	68	51
E	2016	1344	1008	806	672	576	504	448	403				
F	4688	3126	2344	1876	1563	1340	1172						

ตารางที่ ค.34 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

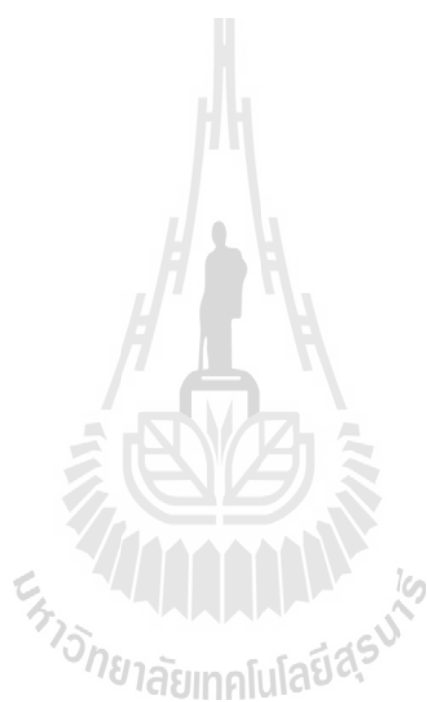
สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	333	222	166	133	111								
B	677	451	338	271	226	193	169	150	135				
C	1502	1002	751	601	501	429	376	334	300	188	150		
D	3755	2503	1878	1502	1252	1073	938	834	751	469	376	250	188
E	6825	4550	3412	2730	2275	1950	1706	1517	1365				
F	15264	10176	7630	6105	5087	4360	3815						

ตารางที่ ก.35 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	74	49	37	30	25								
B	192	128	96	77	64	55	48	43	38				
C	448	299	224	179	149	128	112	100	90	56	45		
D	1186	790	593	474	395	339	296	264	237	148	119	79	59
E	2249	1499	1125	899	750	643	562	500	450				
F	5125	3416	2562	2050	1708	1464	1281						

ตารางที่ ก.36 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	10	4	2	2	1								
B	24	16	12	9	8	7	6	5	5				
C	66	44	33	26	22	19	16	15	13	8	7		
D	202	135	101	81	68	58	51	45	41	25	20	14	10
E	403	269	202	161	134	115	101	90	81				
F	938	625	469	375	313	268	234						





ภาคผนวก ค

ข้อมูลความเข้มข้นมลพิษอากาศจากแบบจำลองคุณภาพอากาศ SCREEN3

ตารางที่ ค.1 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	30.04	23.29	18.82	15.74	13.50								
B	37.98	30.54	25.41	21.68	18.86	16.67	14.93	13.51	12.34				
C	46.70	36.37	30.56	26.50	23.41	20.97	18.98	17.34	15.95	10.76	8.84		
D	66.44	45.06	34.61	28.41	24.25	21.23	18.94	17.11	15.64	10.36	8.49	5.86	4.48
E	87.05	57.88	43.41	34.73	28.94	24.81	21.71	19.29	17.37				
F	132.00	87.73	65.78	52.62	43.85	37.59	32.89						

ตารางที่ ค.2 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณตำแหน่ง
ผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	8.20	7.78	7.44	6.72	6.00								
B	3.62	4.75	6.74	8.42	9.46	9.94	10.05	9.92	9.66				
C	6.47	5.17	5.39	6.53	8.07	9.63	10.99	12.04	12.79	13.40	12.39		
D	14.27	10.37	8.26	7.18	6.72	6.73	7.09	7.71	8.51	13.64	15.59	16.30	14.90
E	14.56	11.06	9.15	7.94	7.10	6.49	6.01	5.64	5.34				
F	22.19	15.99	12.76	10.75	9.37	8.35							

ตารางที่ ค.3 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	6.76	3.06	1.73	1.12	0.82								
B	5.31	5.46	5.35	4.90	4.41	3.97	3.59	3.26	2.98				
C	3.10	4.81	6.51	7.45	7.77	7.72	7.48	7.16	6.80	4.95	4.11		
D	5.02	4.02	4.10	4.90	6.02	7.17	8.19	8.99	9.58	10.14	9.41	7.42	5.96
E	11.02	9.45	8.65	8.14	7.78	7.49	7.26	7.05	6.87				
F	14.42	11.35	9.72	8.73	8.05	7.57	7.20						

ตารางที่ ค.4 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	12.02	9.31	7.53	6.30	5.40								
B	15.19	12.21	10.17	8.67	7.54	6.67	5.97	5.41	4.93				
C	18.68	14.55	12.23	10.60	9.37	8.39	7.59	6.93	6.38	4.30	3.53		
D	26.57	18.02	13.84	11.36	9.70	8.49	7.58	6.85	6.25	4.15	3.40	2.34	1.79
E	34.82	23.15	17.36	13.89	11.58	9.92	8.68	7.72	6.95				
F	52.80	35.09	26.31	21.05	17.54	15.04	13.16						

ตารางที่ ค.5 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	3.28	3.11	2.98	2.69	2.40								
B	1.45	1.90	2.70	3.37	3.78	3.98	4.02	3.97	3.86				
C	2.59	2.07	2.16	2.61	3.23	3.85	4.39	4.82	5.12	5.36	4.95		
D	5.71	4.15	3.30	2.87	2.69	2.69	2.83	3.08	3.41	5.46	6.23	6.52	5.96
E	5.82	4.42	3.66	3.18	2.84	2.59	2.41	2.26	2.14				
F	8.88	6.40	5.10	4.30	3.75	3.34	0.00						

ตารางที่ ค.6 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	2.71	1.22	0.69	0.45	0.33								
B	2.12	2.18	2.14	1.96	1.77	1.59	1.44	1.30	1.19				
C	1.24	1.92	2.60	2.98	3.11	3.09	2.99	2.86	2.72	1.98	1.65		
D	2.01	1.61	1.64	1.96	2.41	2.87	3.28	3.60	3.83	4.06	3.77	2.97	2.38
E	4.41	3.78	3.46	3.26	3.11	3.00	2.90	2.82					
F	5.77	4.54	3.89	3.49	3.22	3.03	2.88						

ตารางที่ ก.7 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับ
ที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	2.40	1.86	1.51	1.26	1.08								
B	3.04	2.44	2.03	1.73	1.51	1.33	1.19	1.08	0.99				
C	3.74	2.91	2.45	2.12	1.87	1.68	1.52	1.39	1.28	0.86	0.71		
D	5.31	3.60	2.77	2.27	1.94	1.70	1.52	1.37	1.25	0.83	0.68	0.47	0.36
E	6.96	4.63	3.47	2.78	2.32	1.98	1.74	1.54	1.39				
F	10.56	7.02	5.26	4.21	3.51	3.01	2.63						

ตารางที่ ก.8 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับ
ที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.66	0.62	0.60	0.54	0.48								
B	0.29	0.38	0.54	0.67	0.76	0.80	0.80	0.79	0.77				
C	0.52	0.41	0.43	0.52	0.65	0.77	0.88	0.96	1.02	1.07	0.99		
D	1.14	0.83	0.66	0.57	0.54	0.54	0.57	0.62	0.68	1.09	1.25	1.30	1.19
E	1.16	0.88	0.73	0.64	0.57	0.52	0.48	0.45	0.43				
F	1.78	1.28	1.02	0.86	0.75	0.67	0.00						

ตารางที่ ก.9 ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ฝุ่นละออง) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณตำแหน่งผู้รับที่

3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.54	0.24	0.14	0.09	0.07								
B	0.42	0.44	0.43	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.24				
C	0.25	0.38	0.52	0.60	0.62	0.62	0.60	0.57	0.54	0.40	0.33		
D	0.40	0.32	0.33	0.39	0.48	0.57	0.66	0.72	0.77	0.81	0.75	0.59	0.48
E	0.88	0.76	0.69	0.65	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55				
F	1.15	0.91	0.78	0.70	0.64	0.61	0.58						

ตารางที่ ก.10 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	259.07	233.15	203.08	178.20	158.15								
B	234.78	247.95	232.70	213.50	195.55	179.71	165.89	153.80	143.20				
C	113.77	164.01	180.08	181.18	176.54	169.92	162.75	155.63	148.80	115.42	99.45		
D	6.93	17.61	27.40	34.40	38.99	41.88	43.72	44.87	45.59	46.19	44.95	39.91	35.11
E	0.31	0.19	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.21	0.15	0.11	0.01	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ก.11 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	12.44	8.38	6.32	5.06	4.23								
B	38.27	26.81	20.55	16.63	13.96	12.01	10.55	9.39	8.47				
C	81.98	59.51	46.69	38.34	32.47	28.13	24.81	22.17	20.04	12.69	10.19		
D	165.94	125.87	102.15	86.27	74.69	65.82	58.77	53.08	48.36	31.42	25.42	17.19	12.98
E	79.86	69.53	61.32	54.88	49.75	45.57	42.09	39.16	36.64				
F	54.18	53.02	50.35	47.51	44.84	42.41	40.23						

ตารางที่ ก.12 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	3.90	1.73	0.98	0.63	0.45								
B	8.77	5.90	4.45	3.56	2.97	2.55	2.23	1.99	1.79				
C	23.25	16.00	12.16	9.79	8.19	7.04	6.17	5.49	4.95	3.10	2.48		
D	60.98	44.06	34.47	28.24	23.89	20.68	18.22	16.28	14.71	9.30	7.46	5.00	3.76
E	71.50	53.59	43.13	36.22	31.28	27.58	24.69	22.37	20.46				
F	95.31	76.26	63.87	55.15	48.65	43.61	39.58						

ตารางที่ ค.13 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	103.63	93.26	81.23	71.28	63.26								
B	93.91	99.18	93.08	85.40	78.22	71.89	66.35	61.52	57.28				
C	45.51	65.60	72.03	72.47	70.62	67.97	65.10	62.25	59.52	46.17	39.78		
D	2.77	7.05	10.96	13.76	15.60	16.75	17.49	17.95	18.24	18.48	17.98	15.97	14.05
E	0.12	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.08	0.06	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.14 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	4.97	3.35	2.53	2.03	1.69								
B	15.31	10.72	8.22	6.65	5.58	4.81	4.22	3.76	3.39				
C	32.79	23.80	18.68	15.33	12.99	11.25	9.92	8.87	8.02	5.07	4.07		
D	66.37	50.35	40.86	34.51	29.87	26.33	23.51	21.23	19.34	12.57	10.17	6.88	5.19
E	31.94	27.81	24.53	21.95	19.90	18.23	16.84	15.66	29.31				
F	21.67	21.21	20.14	19.00	17.94	16.96	16.09						

ตารางที่ ค.15 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	1.56	0.69	0.39	0.25	0.18								
B	3.51	2.36	1.78	1.43	1.19	1.02	0.89	0.79	0.71				
C	9.30	6.40	4.86	3.92	3.28	2.81	2.47	2.20	1.98	1.24	0.99		
D	24.39	17.63	13.79	11.30	9.55	8.27	7.29	6.51	5.88	3.72	2.99	2.00	1.50
E	28.60	21.44	17.25	14.49	12.51	11.03	9.88	8.95	8.19				
F	38.12	30.51	25.55	22.06	19.46	17.45	15.83						

ตารางที่ ค.16 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	20.73	18.65	16.25	14.26	12.65								
B	18.78	19.84	18.62	17.08	15.64	14.38	13.27	12.30	11.46				
C	9.10	13.12	14.41	14.49	14.12	13.59	13.02	12.45	11.90	9.23	7.96		
D	0.55	1.41	2.19	2.75	3.12	3.35	3.50	3.59	3.65	3.70	3.60	3.19	2.81
E	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.17 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.99	0.67	0.51	0.41	0.34								
B	3.06	2.14	1.64	1.33	1.12	0.96	0.84	0.75	0.68				
C	6.56	4.76	3.74	3.07	2.60	2.25	1.98	1.77	1.60	1.01	0.81		
D	13.27	10.07	8.17	6.90	5.97	5.27	4.70	4.25	3.87	2.51	2.03	1.38	1.04
E	6.39	5.56	4.91	4.39	3.98	3.65	3.37	3.13	2.93				
F	4.33	4.24	4.03	3.80	3.59	3.39	3.22						

ตารางที่ ค.18 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ซัลเฟอร์ไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.31	0.14	0.08	0.05	0.04								
B	0.70	0.47	0.36	0.29	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14				
C	1.86	1.28	0.97	0.78	0.66	0.56	0.49	0.44	0.40	0.25	0.20		
D	4.88	3.53	2.76	2.26	1.91	1.65	1.46	1.30	1.18	0.74	0.60	0.40	0.30
E	5.72	4.29	3.45	2.90	2.50	2.21	1.98	1.79	1.64				
F	7.62	6.10	5.11	4.41	3.89	3.49	3.17						

ตารางที่ ก.19 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.17	0.47	0.77	0.99	1.10								
B	0.08	0.25	0.51	0.79	1.03	1.20	1.31	1.37	1.40				
C	0.04	0.10	0.22	0.39	0.61	0.83	1.04	1.22	1.36	1.71	1.68		
D	0.02	0.03	0.05	0.08	0.12	0.18	0.26	0.35	0.45	1.02	1.27	1.49	1.49
E	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ก.20 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.23	0.16	0.12	0.10	0.08								
B	0.49	0.42	0.35	0.30	0.25	0.22	0.20	0.18	0.16				
C	0.57	0.69	0.67	0.61	0.54	0.49	0.44	0.40	0.37	0.24	0.19		
D	0.25	0.58	0.81	0.91	0.93	0.92	0.88	0.84	0.80	0.58	0.48	0.34	0.26
E	0.23	0.25	0.26	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26				
F	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20						

ตารางที่ ก.21 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01								
B	0.15	0.10	0.08	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03				
C	0.33	0.26	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.06	0.04		
D	0.42	0.50	0.47	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28	0.25	0.17	0.13	0.09	0.07
E	0.52	0.47	0.42	0.38	0.35	0.32	0.30	0.28	0.26				
F	0.50	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40						

ตารางที่ ก.22 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.07	0.19	0.31	0.39	0.44								
B	0.03	0.10	0.21	0.32	0.41	0.48	0.52	0.55	0.56				
C	0.02	0.04	0.09	0.16	0.24	0.33	0.41	0.49	0.55	0.68	0.67		
D	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.14	0.18	0.41	0.51	0.60	0.59
E	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.23 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03								
B	0.19	0.17	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06				
C	0.23	0.28	0.27	0.24	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	0.10	0.08		
D	0.10	0.23	0.32	0.36	0.37	0.37	0.35	0.34	0.32	0.23	0.19	0.13	0.10
E	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11				
F	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08						

ตารางที่ ค.24 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไนโตรกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00								
B	0.06	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01				
C	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02		
D	0.17	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03
E	0.21	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11				
F	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16						

ตารางที่ ค.25 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.01	0.04	0.06	0.08	0.09								
B	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11				
C	0.00	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.14	0.13		
D	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.08	0.10	0.12	0.12
E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

ตารางที่ ค.26 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01								
B	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01				
C	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02		
D	0.02	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
E	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02				
F	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02						

ตารางที่ ก.27 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไนโตรเจนไดออกไซด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00								
B	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
C	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		
D	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
E	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02				
F	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03						

ตารางที่ ก.28 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	4160	2773	2080	1664	1387								
B	8460	5640	4230	3384	2820	2417	2115	1880	1692				
C	18780	12520	9390	7512	6260	5366	4695	4173	3756	2347	1878		
D	46940	31290	23470	18770	15650	13410	11730	10430	9387	5867	4694	3129	2347
E	85310	56870	42650	34120	28440	24370	21330	18960	17060				
F	190800	127200	95380	76310	63590	54500	47690						

ตารางที่ ค.29 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	923	615	461	369	308								
B	2400	1600	1200	960	800	686	600	533	480				
C	5599	3733	2799	2240	1866	1600	1400	1244	1120	700	560		
D	14820	9881	7411	5929	4940	4235	3705	3294	2964	1853	1482	988	741
E	28110	18740	14060	11240	9370	8032	7028	6247	5622				
F	64060	42700	32030	25620	21350	18300	16010						

ตารางที่ ค.30 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	122	54	31	20	15								
B	296	197	148	118	99	85	74	66	59				
C	823	549	412	329	274	235	206	183	165	103	82		
D	2531	1688	1266	1013	844	723	633	563	506	316	253	169	127
E	5039	3359	2520	2016	1680	1440	1260	1120	1008				
F	11720	7815	5861	4689	3908	3349	2931						

ตารางที่ ค.31 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	1664	1109	832	666	555								
B	3384	2256	1692	1354	1128	967	846	752	677				
C	7512	5008	3756	3005	2504	2146	1878	1669	1502	939			
D	18776	12516	9388	7508	6260	5364	4692	4172	3755	2347	1878	1252	939
E	34124	22748	17060	13648	11376	9748	8532	7584	6824				
F	76320	50880	38152	30524	25436	21800	19076						

ตารางที่ ค.32 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 2

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	369	246	185	148	123								
B	960	640	480	384	320	274	240	213	192				
C	2240	1493	1120	896	746	640	560	498	448	280	224		
D	5928	3952	2964	2372	1976	1694	1482	1318	1186	741	593	395	296
E	11244	7496	5624	4496	3748	3213	2811	2499	2249				
F	25624	17080	12812	10248	8540	7320	6404						

ตารางที่ ค.33 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง
บริเวณตำแหน่งผู้รับที่ 3

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	49	22	12	8	6								
B	118	79	59	47	39	34	30	26	24				
C	329	220	165	132	110	94	82	73	66	41	33		
D	1012	675	506	405	338	289	253	225	203	127	101	68	51
E	2016	1344	1008	806	672	576	504	448	403				
F	4688	3126	2344	1876	1563	1340	1172						

ตารางที่ ค.34 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 1

สถานี ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	333	222	166	133	111								
B	677	451	338	271	226	193	169	150	135				
C	1502	1002	751	601	501	429	376	334	300	188	150		
D	3755	2503	1878	1502	1252	1073	938	834	751	469	376	250	188
E	6825	4550	3412	2730	2275	1950	1706	1517	1365				
F	15264	10176	7630	6105	5087	4360	3815						

ตารางที่ ก.35 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 2

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	74	49	37	30	25								
B	192	128	96	77	64	55	48	43	38				
C	448	299	224	179	149	128	112	100	90	56	45		
D	1186	790	593	474	395	339	296	264	237	148	119	79	59
E	2249	1499	1125	899	750	643	562	500	450				
F	5125	3416	2562	2050	1708	1464	1281						

ตารางที่ ก.36 ผลปริมาณความเข้มข้นของมลพิษอากาศ (ไฮโดรเจนซัลไฟด์) ค่าเฉลี่ย 1 ปี บริเวณ
ตำแหน่งผู้รับที่ 3

เสถียร ภาพ	ปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์(ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	10	4	2	2	1								
B	24	16	12	9	8	7	6	5	5				
C	66	44	33	26	22	19	16	15	13	8	7		
D	202	135	101	81	68	58	51	45	41	25	20	14	10
E	403	269	202	161	134	115	101	90	81				
F	938	625	469	375	313	268	234						



ภาคผนวก ง

การคำนวณค่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังใน
ขั้นตอนของการอบแป้ง

การประมาณค่าปัจจัยการปล่อยสารมลพิษอากาศ โดยค่าอัตราการปล่อยฝุ่นละอองของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนของการอบแป้ง คือ ปล่องที่ 4 และปล่องที่ 5 ใช้ค่าประมาณจากเอกสาร “Emission Factor Documentation for AP-42” จัดทำโดย U.S. Environmental Protection Agency ของประเทศสหรัฐอเมริกา ตารางที่ 4.8 ซึ่งมีค่าแนะนำสำหรับอัตราการระบายฝุ่นละอองจากกระบวนการอบแป้งซึ่งเครื่องควบคุมมลพิษอากาศไซโคลน ระบบถุงกรองโดยมีค่าเท่ากับ 0.13 และ 0.08 กิโลกรัม ต่อ 1 เมกะกรัม ซึ่งปล่องระบายอากาศของกระบวนการอบแป้งทั้งปล่องที่ 4 และปล่องที่ 5 มีอัตราการผลิตเท่ากับ 250 ตันต่อวัน จึงคำนวณหาอัตราการระบายฝุ่นละอองในหน่วยกรัมต่อวินาทีต่อวินาที ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{อัตราการระบาย(ไซโคลน)} &= \frac{250 \text{ ton}}{1 \text{ Day}} \times \frac{10^6 \text{ g}}{1 \text{ ton}} \times \frac{0.13 \text{ Kg}}{10^3 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ Day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \\ &= 0.38 \text{ กรัมต่อวินาที}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราการระบาย(ถุงกรอง)} &= \frac{250 \text{ ton}}{1 \text{ Day}} \times \frac{10^6 \text{ g}}{1 \text{ ton}} \times \frac{0.08 \text{ Kg}}{10^3 \text{ Kg}} \times \frac{1 \text{ Day}}{24 \text{ hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3,600 \text{ s}} \\ &= 0.23 \text{ กรัมต่อวินาที}\end{aligned}$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ภาคผนวก จ

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา



รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Pongpat Sukkasem, Sudjit Karuchit and Nares Chuersuwan. **Air Quality Model as a Management Tool : Case Study of a Starch Factory in Thailand.** The 4th International Symposium on Engineering, Energy and Environment (4th ISEEE) Engineering for Sustainable Society : a Move toward a Better World. 8-10 November 2015, Thammasat University, Pattaya Campus, Thailand , pp. 239-246.





The 4th International Symposium on Engineering, Energy and Environment
8-10 November 2015, Thammasat University, Pattaya Campus, Thailand

Air Quality Model as a Management Tool: Case Study of a Starch Factory in Thailand

Sukkasem, P.^a, Karuchit, S.^{a*}, and Chuersuwan, N.^b

^a*School of Environmental Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand*

^b*School of Environmental Health, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand*

Abstract

Small- and medium-scaled factories in Thailand have occasionally been causing health or nuisance effects to the surrounded communities. This paper presents a pro-active approach which used a freeware and a regulatory air quality model – SCREEN3 and AERMOD, respectively – as tools for air quality management of a small starch factory in Nakhon Ratchasima, Thailand. Management options were conceived based on clean technology (CT) principles; and subsequently evaluated using the models' prediction of pollution reduction achieved. Results showed that, at present, the 24-hr averaged TSP level were higher than 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the majority of the factory area, and between 8-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for the area within approximately 500 m. radius. The clean technology options considered were (1) reduction of dust from the raw material yard by spraying water, (2) reduction of stack emissions by process change, and (3) both options employed. The model showed that the combination of CT options could potentially reduce 65% of the ground-level concentration at the receptor. Such findings illustrates the potential of this approach to assist in the decision-making process of the factory.

Keywords: Air Quality Model; Clean Technology; AERMOD; Air Quality Management

1. Introduction

Air quality management of industrial factories in Thailand usually emphasizes on end-of-the-pipe control with control devices and mandatory monitoring of stack emission and ambient air quality. These measures can be considered as passive approaches which aim only to maintain pollutant levels below given standards and to detect abnormal operating condition. This is especially true for small- and medium-scaled factories, which are sources of various air pollution emissions. Commonly, they are not as well equipped with pollution control systems or devices as large-scaled enterprises. The personnel in charge of environmental issues often lack basic knowledge and tools for air quality management. In addition, government officials are limited – both in numbers and in resources needed for monitoring and enforcing regulation compliance. As a result, air pollution from such factories have been causing environmental degradation as well as health and nuisance effects in communities around their locations.

On the other hand, the active approach of air quality management of factories can be

* Corresponding author. Tel.: +6681-725-3040 ; Fax: +6644-224-606
E-mail address: sudjit@sut.ac.th

adopted. The principle of clean technology has been well-received and proved effective for reducing pollution from the raw materials and production processes sides instead of the emission side. Furthermore, in order to assess the clean technology options, air quality models are needed as tools to provide the end results for each alternative. The most recognized model for air quality impact assessment is the U.S.EPA's SCREEN3 and AERMOD models.

This paper presents a pro-active air quality management approach developed for small- and medium-scaled industries. The case studied used a screening level model (SCREEN3) and the regulatory air quality model (AERMOD) to assess clean technology options and identify appropriate management for a medium-size tapioca starch factory in Nakhon Ratchasima, Thailand.

2. Methodology

The steps of the study are as follow: (1) factory selection and data collection, (2) model input data preparation, and (3) assessment of air quality.

2.1. Factory selection and data collection

A 500-ton-per-day tapioca starch factory located about 15 km. from the city on the national highway number 304 in Muang district, Nakhon Ratchasima, was selected as a case study. It has an area of 56.8 hectare and approximately 200 employee. Despite the apparent large production capacity and number of workers, it is considered a medium-size factory by the province's standard. Many reasons contributed to the selection of this factory. It has diverse air pollution sources – stacks, land areas, and wastewater treatment ponds. There is no other industrial source in the area, which means the industrial-specific air pollution can be attributed mainly to the factory. In addition, the management of the factory was cooperative and willing to improve the environmental practice of their enterprise.

Emission source data were collected and summarized in Table 1 and 2. There were 7 point sources – 3 stacks from boilers, 2 stacks from hot air ovens, and 2 stacks from power generators – and 1 area source, a 17,034 m² raw material yard. The stack diameters and heights ranges from 0.2-1.0 m. and 7-15 m., respectively.

Emission values and other relevant input data used were a combination of primary and secondary data. The physical data of stacks and the gas velocity and temperature values were collected during this study. Due to the lack of recent stack emission test data, the emission factors used for stack 1-5 and the material yard were obtained from the U.S.EPA database, AP42: Compilation of Air Pollutant Emission Factors – Chapter 9: Food and Agricultural Industries [1] and a study on air emission from a similar process [2]. The generator emission of stack 6 and 7 used the factors obtained from a report on comparable engine type [3].

In addition to the source data, the production process was also studied by interviewing the factory manager and walking through the process lines and other relevant areas. The information was essential for developing clean technology options later on in the study. The past and present environmental problems were discussed, including vulnerable areas which may have been effected by the factory's emissions. From this process, a receptor point was selected for this study – a community approximately 1.35 km. from the factory. Figure 2 shows the location of each emission source and the location of the selected receptor.

Table 1. Point source data

Emission Source	Emission Rate (g/s)	Stack Inside Diameter (m.)	Stack Height (m.)	Gas Exit Velocity (g/s)	Gas Exit Temperature (°K)
Stack 1 (Boiler)	0.02	0.60	11	10.0	463.15
Stack 2 (Boiler)	0.02	0.78	12	10.0	463.15
Stack 3 (Boiler)	0.03	0.65	12	10.0	463.15
Stack 4 (Hot Air Oven)	0.43	1.00	15	25.0	463.15
Stack 5 (Hot Air Oven)	0.43	1.00	15	25.0	463.15
Stack 6 (Generator)	0.05	0.20	7	26.5	454.15
Stack 7 (Generator)	0.05	0.20	7	26.5	454.15

Table 2. Area source data

Emission Source	Emission Rate (g/s-m ²)	Area (m ²)
Material Yard	9.24×10^{-7}	17,043.7



Fig. 1. Location of the selected receptor (a) and the emission sources (b) for the study.

2.2. Model input data preparation

For the AERMOD model, meteorological and terrain data for the location were collected and processed in 2 sub-models: AERMET and AERMAP, respectively, prior to the analyses. For AERMET, the surface meteorological data of the year 2012 were obtained from Nakhon Ratchasima Meteorological Station. Hourly data of wind direction, wind speed, temperature, ceiling height, and cloud cover of 365 days were arranged into SCRAM format. For the upper air meteorological data, since there were no measurement in Nakhon Ratchasima, the data were obtained from Ubon Ratchatane Station which is considered the most representative location. The input data for the model include daily data of temperature, wind direction, and wind speed

at various heights above the ground. They were arranged into FSL format. The terrain data – Digital Elevation Model, or DEM – for AERMAP were from NASA's SRTM30 (Shuttle Radar Topography Mission) data set [4].

Location and dimension of all buildings within the property were included in the calculation to account for their effect to pollutant dispersion. Figure 2 illustrates the buildings, stacks, and area sources as shown in AERMOD and overlaid on Google Earth map after the input process.



Fig. 2. Buildings, stacks, and area sources as shown in AERMOD.

2.3. Assessment of air quality

The SCREEN3 and AERMOD models were used to predict air quality condition. The meteorological conditions used in SCREEN3 were all stability classes – A to F – and a set of recommended wind speed values ranging from 1 to 20 m/s. For AERMOD, the study area was defined by a 3×3 km. grid system, with the center at the UTM coordinate $102^{\circ}04'04.0''\text{E}$ and $14^{\circ}53'48.5''\text{N}$.

There were 3 clean technology options considered for the reduction of dust emission. The first option was water spraying on the raw material yards to increase the moisture and reduce the re-suspension of dust. It was assumed that this practice would cut the aerial dust emission rate to 50% of the existing value. The second option was to recirculate the emission from stack 1, 2, 3, 6, and 7 back to exchange the heat with the hot air ovens and pass through an efficient control device. In this case, the dust emissions from these stacks were assumed to be eliminated. Finally, the third option was to use both option 1 and 2 together.

3. Results and Discussion

3.1. Present air quality condition

Table 3 shows the dust concentration at the receptor, using recommended meteorological conditions with SCREEN3 model [5]. Since the model's only time averaged predictions was

1-hr averaged, the predicted dust levels were converted to 24-hr averaged using the recommended factor of 0.4. The resulting values ranged from 0.22 to 6.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. They varied inversely with the wind speed. At a specific wind speed value, the levels increased from stability A to F.

For the purpose of comparison, the area's average wind speed 1.5 m/s and stability class D were selected as a representative value at the receptor for SCREEN3. The concentration at this condition was 3.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. On the other hand, the prediction of concentration obtained from AERMOD at the receptor was 1.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hence, the predictions from the two models were considerably closed. However, when these values were compared to the actual 2-day measurement of dust using the gravimetric method, the difference was quite substantial. The measured 24-hr PM10 concentration values were 16.36 and 19.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and the average value was 17.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Assuming the PM10-to-TSP ratio of 0.495 [6], the corresponding TSP values was 36.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. It can be seen that both models' predicted values were much lower than the measured level at the receptor. The reason may be that other sources also contributed significantly to the dust level at the receptor, e.g. traffic dust and agricultural activities of nearby land. In other words, there were a certain level of background dust level. It should be noted also that all values were far lower than the ambient TSP standard of 330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Table 3. Dust concentration at the receptor from SCREEN3 model, using recommended meteorological conditions.

Stability Class	Dust Concentration at Receptor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)												
	Wind Speed at 10 m Height (m/s)												
	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A	1.87	0.84	0.47	0.31	0.22	-	-	-	-	-	-	-	-
B	2.01	1.85	1.65	1.44	1.27	1.12	1.00	0.91	0.83	-	-	-	-
C	2.36	2.51	2.65	2.64	2.54	2.39	2.24	2.09	1.95	1.36	1.12	-	-
D	4.08	3.48	3.22	3.18	3.25	3.32	3.38	3.39	3.38	2.96	2.62	1.97	1.57
E	5.52	4.54	3.95	3.55	3.25	3.01	2.82	2.66	2.53	-	-	-	-
F	6.94	5.63	4.84	4.31	3.91	3.60	3.35	-	-	-	-	-	-

Figure 3 shows the isopleths of ground-level concentration values at present condition produced by AERMOD. The area with significant impacts from the source emissions were within a proximity of a few hundred meters. The maximum concentration values was 105.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, found near the material yard. The most of the factory area were within the 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ isopleth, which mean the average dust level is at that level or higher. The surrounding area within approximately 500 m. radius had values between 8-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. On the right of the picture, the highway no.304 could be seen effected by the dust emission. The highest dust level was in the range of 80-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, causing visibility reduction and nuisance to the commuters.

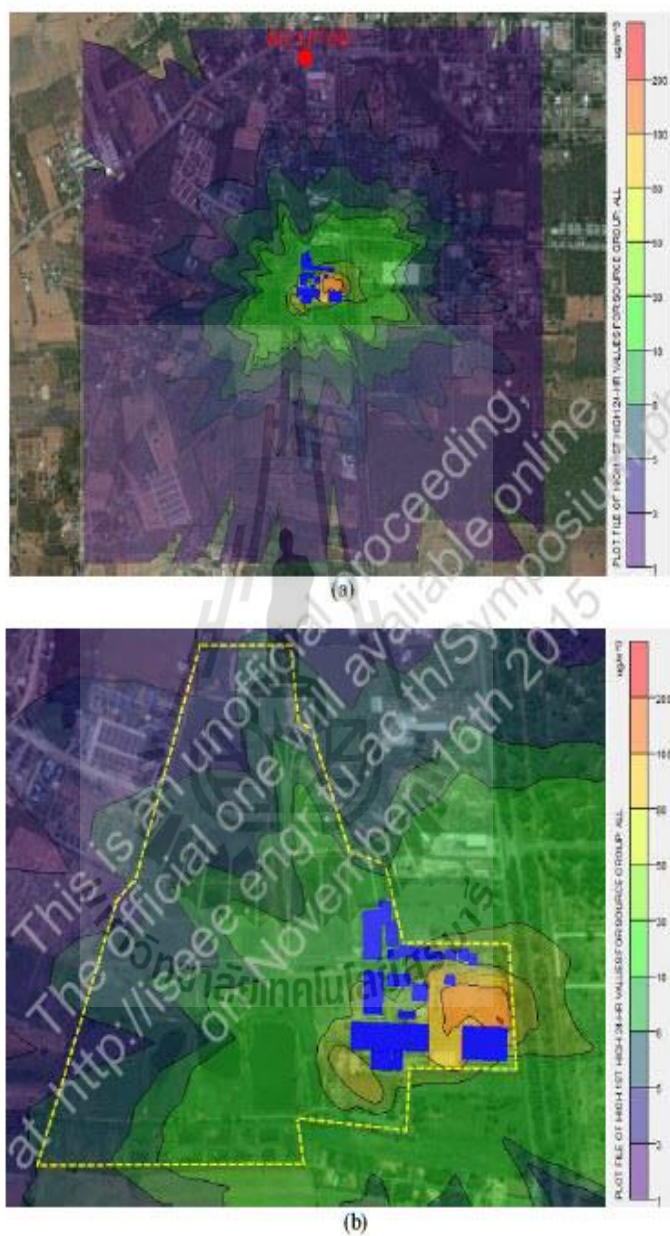


Fig. 3. The isopleths of ground-level concentration at present condition: (a) surrounding area, including the receptor and (b) factory area.

3.2. Comparison among clean technology options

Based on AERMOD, concentrations of TSP after the 3 clean technology options were employed are predicted and summarized in Table 4. At the receptor, water spraying on the raw material yards (option 1) would help reduce 46.37% of the dust coming from the factory to this site. On the other hand, emission recirculation (option 2) alone had very little reduction effect of only 0.22%. When combined (option 3), the reduction of 65.54% of concentration level from present level could be achieved.

Figure 5 shows the isopleths of TSP concentration in option 3 scenario. The maximum ground-level concentration, which occurred near the material yard, reduced from 105.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ to 46.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a 56.22% reduction. Moreover, the levels for most of the factory buildings were below 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and the levels for most of the highway no.304 were below 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Table 4. Concentrations of PM10 at the receptor for different clean technology options and prediction models

Prediction	Present Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CT Option 1		CT Option 2		CT Option 3 (1 & 2)	
		Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reduction (%)	Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reduction (%)	Conc. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reduction (%)
At Receptor	1.38	0.74	46.37	1.38	0.22	0.48	65.54
Max. Value	105.50	48.73	53.81	102.39	2.96	46.19	56.22



Fig. 5. The isopleths of ground-level concentration for CT Option 1-3

4. Conclusion

A pro-active air quality management approach was developed and tested with a medium-scaled starch factory. The U.S.EPA's SCREEN3 and AERMOD models were used to predict the present and future level of TSP based on 3 clean technology options. The best scenario – option 3 – could reduce 65.54% of the current concentration. Most of the reduction were caused by the low-cost measure, a material yard water spraying.

Findings in this paper illustrates the potential of the approach to assist in the decision-making process of the factory. Proper decision would then lead to the goal of sustainable co-existence of the factory and its surrounding community.

Acknowledgements

This work was funded by Suranaree University of Technology.

References

- [1] United States Environmental Protection Agency. (1995), *Compilation of air pollutant emission factors*, AP 42, (5th ed.), Volume I, Chapter 9: Food and Agricultural Industries [On-line]. Available: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch02/final/c02s05.pdf>
- [2] South Dakota Department of Environment and Natural Resources. (2005), *Air Quality Emissions and Impact*, Milbank Community Foundation, Midwest Dairy Institute.
- [3] EGCOM TARA Company Limited. (2015), *Environmental Quality Measurement 2015* [On-line]. Available: <http://www.egcomsara.com/>
- [4] WebGIS. (2002), *Terrain Data*, SRTM30 - Shuttle Radar Topography Mission Global Coverage Terrain Data Worldwide [On-line]. Available: <http://www.webgis.com/srtm30.html>
- [5] Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2008), *Manual for Application of Air Quality Model in EIA Report*, Ministry of Natural Resources and Environment.
- [6] Cicero-Fernandez, P., Thistlewaite, W. A., Falcon, Y., & Guzman, I. M. (1993), TSP, PM10 and PM10/TSP ratios in the Mexico City Metropolitan area: a temporal and spatial approach, *J. of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 02/1993; 3 Sup. 1: 1-14.

ประวัติผู้เขียน

นายพงศ์พัฒน์ สุขเกษม เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดนครราชสีมา เริ่มการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายแผนกวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ที่โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมาและสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2553 และในปี พ.ศ. 2554 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยในขณะศึกษาได้รับทุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพเข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในระหว่างที่ทำการศึกษาได้เผยแพร่บทความทางวิชาการเรื่อง “**Air Quality Model as a Management Tool : Case Study of a Starch Factory in Thailand**” ในงานสัมมนาวิชาการระดับนานาชาติ 4th International Symposium on Engineering, Energy and Environment (4th ISEEE) Engineering for Sustainable Society : a Move toward a Better World ระหว่างวันที่ 8-10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ณ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์พัทยา จังหวัดชลบุรี